

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكنج

الجزء الثالث

ترجمة

د. إيمان نوري الجنابي

1432 هـ - 2011 م



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الجزء الثالث

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكنج

ح) وزارة الثقافة والإعلام، المجلة العربية، 1432هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

بكوفر . كلفور د.أ.

رواد العلم عبر القرون من أرخميدس حتى هاوكنج / كلفور د.أ.

بكوفر . الرياض، 1432هـ

3 مج.

1076 ص : 23.5x15.5 سم

ردمك 978-603-8079-02-7 (مجموعة)

978-603-8079-05-8 (ج3)

1 - العلماء 2 - العلوم - تراجم أ.أ. العنوان

ديوي 925 1432/820

رقم الإيداع: 1432/820

ردمك: 978-603-8079-02-7 (مجموعة)

978-603-8079-05-8 (ج3)

قوانين العلوم والعقول الجبارة التي أبدعتها

ARCHIMEDES

TO HAWKING

CLIFFORD A.

PICKOVER

Oxford

UNIVERSITY PRESS

2008

جميع حقوق الطبع محفوظة، غير مسموح بطبع أي جزء من أجزاء هذا الكتاب، أو اختزانه في أي نظام لاختزان المعلومات واسترجاعها، أو نقله على أية هيئة أو بأية وسيلة سواء كانت إلكترونية أو شرائط ممغنطة أو ميكانيكية، أو استنساخاً، أو تسجيلاً، أو غيرها إلا في حالات الاقتباس المحدودة بغرض الدراسة مع وجوب ذكر المصدر.

رواد المعرفة عبر القرون

من أرخميدس حتى هاوكنج

تأليف

د. كلفورد أ. بكوفر

ترجمة

الدكتور إيمان نوري الجنابي

الطبعة الأولى

1432هـ - 2011م



كتاب
العريشة
15

رئيس التحرير
د. عثمان الصيني

www.arablc magazine.com

لمراسلة المجلة على الإنترنت

Info@arablc magazine.com

الرياض: طريق صلاح الدين الأيوبي (الستين) - شارع المنفلوطي

تليفون: 966-1-4778990 فاكس: 966-1-4766464

ص.ب 5973 الرياض 11432

الفصل الرابع

القرن العشرون وما بعده - (2000 - ...)

- 842..... أفكار للتأمل
- 844..... قانون إشعاع (بلانك) عام (1900)
- 849..... قانون إزاحة (فين) عام (1893)
- 851..... قانون إشعاع (ستيفان - بولتزمان) عام (1884)
- 855..... قانون (رايلي - جينز) عام (1900)
- 856..... إضافات أخرى لقوانين (بلانك) ... موضوعات (بلانك) عام (1900)
- 878..... قانون (براك) لاستطارة الضوء في البلورات عام (1913)
- 896..... مبدأ الشك (لهيزنبرك) عام (1927)
- 918..... قانون (هابل) لتمدد الكون عام (1929)

الباب الثالث

944..... - المتنافسون العظام -

وهم الأفياد الذين استطاعوا أن يباروا مبدعي القوانين

و مكتشفها بوضع التصانيف الأكثر قبولا لمجموعة

القوانين الخالدة التكميلية والحاملة - إلى الأبد - لأسمائهم

الفصل الأول

قوانين الحقبة الزمنية (1600 – 1700)

948..... قانون تذبذب (مرزن)

949..... قانون (تورشيلي) لإفاعة الموائع

الفصل الثاني

قوانين الحقبة الزمنية (1700 – 1800)

954..... قاعدة (موبرتو) للفعل الأدنى عام (1746)

956..... قانون (رختر) للتفاعلات الكيمياوية عام (1791)

الفصل الثالث

قوانين الحقبة الزمنية (1800 – 1900)

958..... قانون (مالو) لاستقطاب الضوء عام (1809)

959..... قانون (بل – ماجندي) لفعل الأعصاب عام (1811)

961..... قانون (فون همبلت) لخطوط الأشجار عام (1817)

962..... قوانين (فرسنل – أراكو) في البصريات عام (1819)

963..... قانون (مشرلخ) لتمائل الأشكال عام (1821)

- 964..... مبدأ (هملتن) للأنظمة الحركية عام (1835)
- 966..... مبدأ استطاراة أو حيود الضوء (لباينيه) عام (1838)
- 968..... قانون (هس) لثابت الحرارة عام (1840)
- 969..... قاعدة (بركمن) لأحجام أنواع الحيوانات عام (1847)
- 971..... قانون (كلادستون - ديل) لانكسار الضوء عام (1858)
- 972..... قانون (كوب) لحفظ سعة الحرارة عام (1864)
- 973..... قاعدة (ماتهيوزن) للمقاومة الكهربائية عام (1864)
- 974..... قانون لزوجة الغازات (لماكسويل) عام (1866)
- 975..... مبدأ (برتلو - تومسن) للتفاعلات الكيميائية عام (1867)
- 976..... قانون (مندليف) الدوري للعناصر عام (1869)
- 977..... قانون (لورنر - لورنر) لمعاملات انكسار الضوء عام (1870)
- 978..... قانون (كوب) لخفض درجة انجماد المحاليل عام (1871)
- 979..... قانون توزيع (بولتزمان) عام (1871)
- 981..... قانون سطوع الضوء (لأبينيه) عام (1877)
- 982..... قاعدة (ألن) لهيئة الأجساد عام (1877)
- 984..... قانون (نرنست) لفروق جهد الأقطاب الكهربائية عام (1880)
- 986..... قانون (راول) لضغط البخار عام (1882)
- 987..... قانون (فان هوف) للضغط التنافي عام (1885)
- 989..... قانون (رامزي - يونك) للضغط البخاري عام (1885)
- 990..... قانون كشافة (كاتيليه - ماتيه) عام (1886)

- 991..... قانون (دول) للتطوّر عام (1890).....
- 993..... قانون لزوجة السوائل (أسوذر لاند) عام (1893).....
- 995..... قانون القوة الكهربائية المستقرة والمغناطيسية (للورنز) عام (1895).....

الفصل الرابع

القرن العشرون (1900... وما بعده)

- 998..... قانون التمدد الحراري (لكرونسن) عام (1908).....
- 999..... قانون (سابين) لمواصفات الصدى عام (1910).....
- 1001..... قانون (جايلد) لتيار ثنائي الأقطاب (الدايود) عام (1911).....
- 1002..... مبدأ (جيغر - نوتال) لطاقة الجزيئات المشعة عام (1911).....
- 1004..... قانون امتصاص الفوتونات (لأينشتين و ستارك) عام (1912).....
- 1006..... قانون (ليفيت) لبريق ولمعان النجوم عام (1921).....
- 1008..... قانون (فريدل) لانعكاس أشعة (إكس) عام (1913).....
- 1009..... قانون (موسلي) لانبعاث أشعة (إكس) عام (1913).....
- 1011..... قانون (ستيمنز) للمغناطيسية عام (1961).....
- 1014..... قانون (بوز و أينشتين) لتوزيع الطاقة عام (1924).....
- 1015..... مبدأ فرانك - كوندون لإعادة التوزيع الإلكتروني عام (1925).....
- 1016..... مبدأ إقصاء (باولي) عام (1925).....

- 1018.....قانون توزيع (فرمي - ديراك) عام (1926).....
- 1020 قاعدة (موسكو ویتز - لومباردي) للتوزيع المغناطيسي عام (1973)
- 1021 قوانين الثقوب السوداء (أهاوكنج) عام (1970 ...)

الباب الرابع

الفصل الأول

- مسك الختام -

يطرح هذا المدخل باختصار موضوع الرشاقة الرياضية وجماليتها في التعبير عن الإنجاز العلمي البشري، إضافة إلى علاقة الفيزياء بالدين مع ذكر المزيد من المعادلات والتطرق إلى فيزيائيين عظام من أمثال (أينشتين) ومعادلته الشهيرة ($E=mc^2$)، ومعادلات (مكسويل)، والمعادلة

الموجية (لشرودنجر)، والمعادلة الموجية (لدوبروكللي)، ومعادلات المجال (لأينشتين) الخاصة

بنظريته العامة في النسبية، ومعادلة (ديراك)، ومتوالية (بالمير)، ومعادلة (يانك - ملز)، ومعادلة (ديراك)، ومعادلات (شانون)، والتخطيط اللوجستي.

- 1032 القول الفصل في جمال الرياضيات ورشاققتها وفضلها على سائر العلوم
- 1037 أعلام المعادلات في تاريخ العلوم
- 1043 قوائم بأفضل الإنجازات العلمية البشرية (كشف حساب)

الفصل الثاني

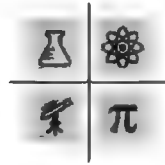
- 1047.....- المعادلات الأعظم -
- 1048..... أمهات المعادلات في تاريخ البشرية
- 1056..... حكومة (نيكاراكوا) والمعادلات الرياضية وطوابع البريد
- 1059..... (نيكاراكوا) وقائمة الطوابع البريدية التي أصدرتها
- 1063.....- الفيزياء وعلاقتها بالدين -
- 1066..... مصادر الكتاب ومراجعته
- 1070..... تعريف بالمؤلف

الباب الثاني

الفصل الرابع

القرن العشرون وما بعده

1900 AND BEYOND





القرن العشرون 1900 وما بعده

أفكار للتأمل

— لا يشك أحد بأن وجود الكون كان قد سبق وسيظل باقيا بعد فناء الإنسان. ولكن ثمة متناقضة تقض مضاجع المفكرين والعلماء وهي استحالة التفكير بالكون ومكوناته وأسراره وعجائبه وحتى صغائره إلا في حدود علاقته بالبشر (فعقله هو الذي صورته) فلا معنى للغة وقوانين الفيزياء والرياضيات بلا وجود فكرة المراقب الذي يعيه... والمشكلة أن هذا المراقب (وهو الإنسان) ما هو إلا مخلوق طارئ في هذا الكون المترامي، وجد متأخرا فيه ولم ينضج تفكيره ليحي ما حوله إلا في حوالي المئة سنة الماضية، (كما لا يشك أحد بأن وجود الكون كان قد سبق وسيظل باقيا بعد فناءه!).

هراين

Michael Fragn, quoted in (All the World's a Stage), New Scientist, September 23, 2006.

مقتطفة من مقالة له في مجلة (نيوسينتست) بعنوان (ما العالم إلا مسرح).

— تستمد دقة قوانين أي نظام من مجمل الخزين المعلوماتي فيه، وقد دلت الملاحظات والتجارب على أن للكون الذي نعيش فيه قابلية ذاتية (لضبط) وتعديل نفسه على الدوام. فإذا لم نفترض وجود قوانين الفيزياء (خارجة) - وجود مراقب ما خارج نظامه ضروري لاعتماد دقة قياساته - وإنما هي جزء منه فإنها (والحال كذلك) ستحكم بقوانينه وعندها ستستمد دقتها من كامل خزينة المعلوماتي فيه، والذي يعتمد بدوره على حجمه. ولذا لا بد لنا أن نستنتج أنه وعند الثواني الأولى بعد (الانفجار الكبير) وعندما كان الكون لا يزال متناهيا في الصغر وكان لا يزال محجورا بحيز ضيق جدا من الفراغ فلا بد أن تكون قوانينه آنذاك قد عانت من شيء من الاضطراب وعدم الدقة مقارنة بقوانيننا اليوم، وبعبارة أصح لا بد وأن تكون قوانين الثواني الأولى بعد الانفجار الكبير غير تلك التي تحكمه اليوم.

باري

Patrick Barry, (What's Done is Done), New Scientist, September 30, 2006.

من مقالة له في (نيوسينتست) بعنوان (ما تم قد تم).

– كان الكون وكان كله ظلام

خُلق (نيوتن) فبانت بولادته الأعلام⁽¹⁾

يوب

Alexander Pope, (Epitaph Intended for Sir Isaac Newton).

– هدأ اللغظ واستقام الكون به

ولد (البرت) فانهارت بإطلالته الأحلام⁽¹⁾

سكوير

John Collings Squire (1884-1958), British Journalist.

(In Continuation of Pope on Newton).

(1) كان أصل النص شعراً. (المترجم).



قانون إشعاع بلانك

PLANCK'S LAW OF RADIATION

ألمانيا (1900): 

يعتمد مقدار الطاقة الذي يشعه أي جسم أسود عند طول موجي معين على درجة حرارته. وتبرز أهمية موضوعات بلانك هذه، كونها تتضمن الشذرات الأولى لما سيعرف لاحقاً بالتطبيقات العملية لنظرية الكم.

معاور ذوات علاقة:

ألبرت اينشتين (ALBERT EINSTEIN)، ورودولف كلوزيس (RUDOLF KIRCHHOFF'S LAW OF THERMAL RADIATION)، وقانون كرشهوف للإشعاع الحراري (CLAUSIUS WIEN'S DISPLACEMENT LAW)، وقانون إزاحة فن (THE STEFAN BOLTZMANN RADIATION LAW)، وقانون إشعاع ستيفان - بولتزمن (THE RAYLEIGH - JEANS LAW)، وقانون رايلي - جينز (WEIN'S RADIATION LAW). وقانون إشعاع فين (WEIN'S RADIATION LAW).

من أحداث عام 1900:

- نشر عالم النفس (سيكموند فرويد - Sigmund Freud) كتابه الشهير في تفسير الأحلام.
- انضمت (هاواي - Hawaii) رسمياً إلى الاتحاد الفيدرالي الأمريكي ومنحت حكماً ذاتياً.
- تم قبول طلب المخترع الأمريكي (كورنالس بروسن - Cornelius J. Brosnan) لتسجيل براءة اختراعه لمشبك الورق والذي أسماه (Konaclip).
- نشوء نظرية الكم وعلاقتها بقانون بلانك للإشعاع:

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T} - 1)}$$

أصول القانون وفروعه

لعله من المتوقع أن يغيب عن ذهن غالب العلماء والباحثين في غير حقل الفيزياء أن لب مفهوم نظرية الكم - والذي يقول بإمكانية الطاقة والمادة أن تكتسبا صفتي الموجة والجسيم في تصرفاتهما في آن واحد - كان قد نشأ من دراسات متقدمة حول تصرف وصفات الإشعاعات المنبعثة من الأجسام عند تسخينها، ومثال ذلك تحول لون ملف سخان الشاي الكهربائي (حال مرور التيار الكهربائي خلاله) من لونه الأسود الاعتيادي إلى اللون البني الغامق ثم إلى اللون الأحمر الداكن فالأحمر القاني البراق بزيادة درجة حرارته.

وضع (بلانك) قانونه الخاص بحساب كميات الإشعاع (ومن ثم مقدار الطاقة المنبعثة من جسم ساخن عند طول موجي معين) بدراسة الإشعاعات المنبعثة من أنواع خاصة من الأجسام الساخنة المتوهجة سميت بالأجسام السوداء. تُعرّف الأجسام السوداء [حسب قوانين كرشهوف - Kirchhoff's Electrical Circuit and Thermal Radiation Laws - للدوائر الكهربائية والحرارية الباعثة للإشعاع] - (انظر الجزء الثالث من هذا الكتاب) بأنها تلك الأجسام التي تمتص وتشع أكبر كمية ممكنة من الإشعاعات عند طول موجي معين وبدرجة حرارة معلومة. وسأخصص حيزاً لشرح مواصفات هذه الأجسام السوداء وبشيء من التفصيل في نهاية هذا القسم.

تعرّف مقدار الحرارة المنبعثة من جسم ما بأنها كمية الطاقة التي يطلقها ذلك الجسم عند تسخينه إلى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة المحيط الذي يحتويه، ويمتاز انبعاث الطاقة أو الإشعاع من الأجسام الساخنة بتوزعه طبيعياً على مدى واسع من الأطوال الموجية ولذلك فلا غرابة في أن تكون صفات ومقدار الطاقة المنبعثة ضمن طول موجي معين (وبذبذبة معلومة) مختلفة عن كمية ومقدار الإشعاع (وبالتالي الطاقة) المنبعثة ضمن طول موجي مغاير (أي بذبذبة مغايرة). ولعله من المفيد أن نتذكر بأن الغالبية العظمى من الأجسام الساخنة والتي نصادفها في حياتنا اليومية والتي نتعامل معها في تجاربنا المخبرية تمتاز ببعث طاقاتها وإشعاعاتها ضمن مجال موجات الطيف الكهرومغناطيسي تحت حمراء أو تحت الحمراء



الفائقة. ويمكن للإنسان أن يشعر بهذه المجالات من حيز الطيف على شكل حرارة حسية، ولا يمكنه رؤيتها بالعين المجردة. ولكن إذا ما استمر تسخين هذه المواد إلى درجات حرارة أعلى، انحرف طيف الإشعاع المنبعث منها من منطقة الطيف الكهر ومغناطيسي تحت الحمراء وما تحت الحمراء الفائقة إلى منطقة الطيف المرئي القريبة منه وأعني بها ألوان الطيف الحمراء والبرتقالية والصفراء فيصير بالإمكان ملاحظة توهج الجسم الساخن بوضوح أكثر ولمعان أشد كلما أمعنا في تسخينه حتى يصل إلى مرحلة الإبيضاض. وعلى أية حال فإن ما يهمنا ويهم العلماء هو دراستهم لما يمكن لجسم ساخن أن يبعثه من طاقة (أو ما يشعه من إشعاع) ضمن طول موجي معلوم وهذا ما يسمى بالإشعاع الأحادي التردد (أو أحادي اللون) إن كان الانبعاث ضمن طيف الألوان المرئية، وفي هذه الحالة سيعتمد ما يبعثه الجسم من إشعاع وطاقة على درجة حرارته. وخير مثال على ذلك شمسنا التي تشع بمعدل حرارة سطح تبلغ حوالي (5800) درجة حرارية مطلقة (كالفن) ويتموضع معظم إشعاعها ضمن الطول الموجي الأقل من 3 ميكرومتر⁽¹⁾ وهذا يشمل منطقة الطيف الضوئي المرئي (الأصفر) فما دونه.

أما الأرض وهي (بالطبيعة) أكثر برودة من الشمس فإن معظم ما تشعه من طاقة إلى الفضاء (لأن الفضاء هو أبرد ما في الكون) تتموضع ضمن أطوال موجية أطول بكثير عن تلك التي للشمس؛ وكمعدل لا يتجاوز معدل درجة حرارة سطح الأرض (290) درجة حرارية مطلقة، وغالبية ما تبعثه من إشعاعات يكون ضمن أطوال موجية تفوق الـ (3) ميكرونات. وفي الدالة التالية (والتي تظهر بشيء من التعقيد - ولكنها ليست كذلك)،

$$E_{b\lambda}(\lambda_{\max}, T)$$

يمكننا أن نعرف الحدود التالية حسب مسمياتها وما تعنيه كما يلي:

$$E_{b\lambda} d\lambda - \text{وهو مقدار الطاقة المنبعثة عن طريق الإشعاع من وحدة المساحة خلال وحدة}$$

(1) الميكرومتر - هي وحدة قياس تساوي جزءاً من مليون جزء من المتر، أو تساوي جزءاً من ألف جزء من المليمتر وقد نسمي أيضاً بالميكرون - المترجم.

الزمن من جسم أسود وبطول موجي محدد هو ضمن مديات الأطوال الموجية التابعة للون الواحد.
 λ_{\max} - وهو ما يعرف بذروة قدرة (Power) انبعاث إشعاع الجسم الأسود ضمن النطاق الموجي المعلوم (ويطلق عليه اصطلاحيا - اسم النطاق أحادي اللون - كون الألوان المعروفة كلها تتراوح ضمن نطاق موجي معلوم).

و λ - هو مقدار الطول الموجي للإشعاع المنبعث.

و $d\lambda$ - هو مقدار مدى وحدود ذلك الطول الموجي.

و E_{λ} - هو ما يعرف بقدرة الانبعاث الموجي من جسم أسود ضمن مدى لون أحادي.
 T - هو مقدار درجة حرارة الجسم الأسود الباعث مقاسةً بالدرجة الحرارية المطلقة (كلفن).
 أما قانون (بلانك) والذي اكتشفه عام (1900) فيوضح طريقة توزيع القوة على مختلف الأطوال الموجية الصادرة من جسم باعث مثالي في درجة حرارة معينة (T)، وبناء على ذلك فإن الجسم الباعث المثالي (أو ما يسمى بالجسم الأسود) سوف يبعث بالإشعاع وفقا لقانون بلانك التالي:

$$E_{\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T} - 1)}$$

حيث E_{λ} - هي قدرة انبعاث الإشعاع من الجسم الأسود في درجة حرارة (مطلقة k) معلومة (T)، وتقاس بوحدات (الواط/المتر المكعب).

و λ - هو الطول الموجي الباعث مقاسا بالمتر.

و C_1 - هو ما يعرف بثابت الانبعاث الأول ويساوي (10×3.7415) (مرفوعة للقوة -16) واط ضرب متر مربع.

و C_2 - هو ما يعرف بثابت الانبعاث الثاني ويساوي $[10 \times 1.4388]$ (مرفوعة للقوة -2) [متر ضرب درجة مطلقة.

و (k) - هي التعبير عن مقدار درجات الحرارة المطلقة - كالفن -.

ومن المناسب التذكير بأن لهذا القانون شكلا آخر يكتب به باستخدام ثابت بلانك



(Plank's constant) وثابت بولتزمان (Boltzmann's Constant) كما سيأتي على ذكره لاحقاً.

دأبت الجامعات والمعاهد الأكاديمية على تشجيع الطلاب على رسم الدالة السابقة لمختلف قيم الأطوال الموجية التي يمكن دراستها لما لذلك من تدريب عملي نافع في مختبرات الفيزياء، فلقد أثبت التجارب أن غالبية الإشعاعات المنبعثة من الأجسام ذوات درجات الحرارة التي تقل عن (5800) كالفن (درجة مطلقة) ستحصر في نطاق الأطوال الموجية التي تراوح ما بين (0.2-50 ميكرون) فقط، ويمكننا الاستنتاج أن مجال الطول الموجي المتضمن لأقصى قوة انبعاث والذي يعبر عنه رياضياً بالدالة الآنف شرحها وهي:

$$E_{b\lambda}(\lambda_{\max}, T)$$

سينقص بازدياد درجة الحرارة. وأخيراً من المفيد التذكير بأن نطاق الانبعاث الموجي المشع لأي جسم ساخن لا يتضمن إلا جزءاً قليلاً مما يقع ضمن نطاق الطيف المرئي للعين البشرية التي تميز الجسم بلون أحمر داكن إذا ما بلغت درجة حرارته (800) درجة مطلقة (كالفن).

قانون إزاحة (فين)

WEIN'S DISPLACEMENT LAW

يحتل قانون إزاحة (فين) هذا موقع الصدارة ضمن أوائل القوانين الخاصة بالانبعاث الحراري والشماعي من الأجسام السوداء. اكتشفه عام (1893) الفيزيائي الألماني [ولهيلىم فين (1864-1928) Wilhelm Wien] ويمكن اشتقاقه من (قانون بلانك) نفسه بوضع المشتقة مساوية للصفر. ولغرض إيجاد العلاقة بين الطول الموجي (λ_{\max}) لأقصى قوى مشعة ممكنة في درجة حرارة مطلقة معينة يمكننا استخدام القانون التالي:

$$\lambda_{\max} T = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

الذي يوضح سهولة استنتاج التناسب العكسي الذي يحكم حرارة جسم ما والطول الموجي لأقصى قدرة (Power) يمكنه بعثها مما يعني تناقص هذا الطول للإشعاع المنبعث مع زيادة حرارة الجسم الباعث له.

ولذلك فإن قيمة منحنى انبعاث القوى والذي يساوي حاصل ضرب درجة الحرارة المطلقة في الطول الموجي لأقصى قدرة (Power) انبعاث سيظل ثابتاً. مُنح (فين) جائزة نوبل لأعماله المتعلقة بهذا القانون وتطبيقاته.

دعني الآن أسوق المثال التالي لما سبق: لو فرضنا بلوغ معدل درجة حرارة سطح الشمس حوالي (5780) درجة مطلقة لأمكننا حساب ذروة الانبعاث الشماعي منها ليكون في حدود الطول الموجي المقدر بـ (500 نانومتر) وبلاستناد إلى قانون (فين) فإن مجال الموجات الكهرومغناطيسية والتي بطول مقارب لـ (500 نانومتر) سيقع ضمن حدود الطيف الضوئي المرئي، فالضوء الأصفر له طول موجي يقارب الـ (570 نانومتر) ومصابيح الصوديوم التي تنير الشوارع ومواقف السيارات تبعث بالضوء ضمن الطول الموجي للون الأصفر والبالغ حوالي (589 نانومتر). وبلاستناد إلى المعادلة آنفة الذكر يتضح لنا مصدر و (لون) ومقدار طاقة الشمس وألوانها وذلك بالاستناد إلى اختلاف درجة حرارتها السطحية حسب ما



تقره معادلة (فين)، فالنجوم الحمراء تكون أقل حرارة (وقد تسمى بالنجوم الباردة). بمعدل حرارة سطح تبلغ (3000) درجة مطلقة (كالفرن) والنجوم الصفراء (ونجم مجموعتنا الشمسية ضمنها) تمتلك معدل حرارة سطح تقرب من (6000) درجة مطلقة (وقد تسمى بالنجوم متوسطة الحرارة)، أما النجوم البيضاء وهي الأشد توهجا وسطوعا وأكثرها بعثا للطاقة والإشعاع فقد يبلغ متوسط درجة حرارة أسطحها الـ (20000) درجة مطلقة وهي الأشد حرارة على الإطلاق. وبالاستناد إلى ما سبق يمكننا القول (وببساطه) بأننا نستطيع تقدير درجة حرارة أي شمس (بمجرد النظر إليها!).

قانون إشعاع ستيفان - بولتزمن

STEFAN-BOLTZMANN RADIATION LAW

كان الفيزيائي الألماني [Gustav Kirchhoff (1824–1887) كوستاف كرشهوف أول من أدرك صفات الانبعاث (الموجي الحراري) من الأجسام السوداء وكان أول من سلك هذا المصطلح، كما كان أول من أدرك أن ذلك الانبعاث لا بد وأن يعتمد على درجة حرارة الجسم الباعث وعلى الطول الموجي للإشعاع المنبعث منه بغض النظر عن طبيعة ذات المادة التي تكون الجسم الأسود نفسها، إلا أنه لم يتمكن من وضع الصيغة الرياضية الدقيقة لذلك. وإذا رغبت في أخذ كامل الطول الموجي بالحسبان فإن مقدار الانبعاث الإشعاعي الكامل $[E_b(T)]$ لوحدة المساحة السطحية للجسم الأسود خلال وحدة الزمن يمكن أن يكتب على شكل القانون التالي والذي يعرف بـ (قانون إشعاع ستيفان - بولتزمن)...

$$E_b(T) = \sigma T^4$$

والذي يبين كامل مقدار القوة المنبعثة من الجسم الأسود من وحدة المساحة حسب الطول الموجي المعلوم، حيث تمثل (T) درجة الحرارة مقاسة بدرجات كالفن للمساحة المعلوم و (σ) تعبر عما يسمى (بثابت ستيفان - بولتزمن) ويساوي

$$[5.67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{k}^4)]$$

وينسب هذا القانون إلى كل من الشاعر والفيزيائي والرياضي النمساوي: سلفيني (Slovene) الأصل [جوزيف ستيفان (1835–1893) Joseph Stefan] والذي تمكن من التوصل إلى صياغته من خلال سلسلة طويلة ومضنية من التجارب العملية، وإلى [لودفك بولتزمن (1844–1906) Ludwig Boltzmann] والذي تمكن من اشتقاق ذات القانون في عام (1884) بالاعتماد على الأسس النظرية لقوانين الديناميكية الحرارية.

أما ثابتي بلانك الأول (C1) والثاني (C2) المذكورين في (قانون إشعاع بلانك) آنف الذكر،



فيمكن ربطهما (بقانون إشعاع ستيفان - بولتزمان) من خلال مساواتهما بالثابت (σ) كما يلي:

$$\sigma = \left(\frac{\pi}{15} \right)^4 \frac{C_1}{C_2} = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$$

ومن المدهش حقاً أن يتمكن (ستيفان) هذا من حساب درجة حرارة سطح الشمس التقريبي بحوالي (5,700) درجة حرارة مطلقة (كالفن)، وذلك من خلال نجاحه في تقدير كمية (فيض طاقة الشمس) وإلى درجة دقة نسبية مقبولة جداً بحيث قارب رقمه الذي توصل إليه باستخدام هذا القانون القيمة الواقعية المقبولة في الوقت الحاضر والبالغة (5,780) درجة حرارة مطلقة أي بفارق يبلغ 80 درجة مطلقة فقط!!

ومن الجدير بالملاحظة تميّز ثابت (ستيفان - بولتزمان) بالعموم والشمولية، بمعنى إمكانية تطبيقه بغض النظر عن مادة أي جسم أو درجة حرارته. وبالنظر لواقع كون الأجسام الحقيقية تمتاز بقابلية انبعاث شعاعي وحراري معاير (أو بمعنى أدق - أقل كفاءة) من الأجسام السوداء المثالية، فإن العلماء والمختصين كانوا قد أضافوا معاملاً آخر هو (ϵ) إلى (قانون ستيفان - بولتزمان) آنف الذكر. و(ϵ) هذه هي عبارة عن حد اصطلح عليه اسم (الانبعاثية - Emissivity) وتكتسب عادة قيمة تتراوح بين (الواحد - 1) في حالة كون الجسم أسود مثالي (الامتصاص والبعث) للإشعاع والحرارة الواردين إليه، وبين (الصفر) للأجسام المثالية في (عكس) الإشعاع والحرارة الساقطين عليها بحيث لا تمتص منهما شيئاً. وتعتمد قيمة (ϵ) الحقيقية على نوع المادة وطبيعة سطحها ودرجة حرارتها ولذلك يمكن إعادة صياغة (قانون ستيفان - بولتزمان) ليظهر على الشكل التالي:

$$E_b(T) = \epsilon \sigma T^4$$

لاحظ هنا بأن (ϵ) تسمى (الانبعاثية - Emissivity) إلا أن العلماء قد يستخدمونها لوصف حالة (امتصاص - Absorption) الجسم للإشعاعات الواردة إليه أيضاً. ويمكننا (قانون ستيفان - بولتزمان) هذا من التبوّ بكامل كمية الطاقة المنبعثة من أي جسم أسود والتي تتناسب مع القوة الرابعة لدرجة حرارته. فمثلاً تسطع نجمة بنفس حجم شمسنا الحالية وبأربع

أمثال حرارتها، كمية من الطاقة تعادل $(4 \times 4 \times 4 \times 4)$ (أربعة مرفوعة إلى الأس الرابع) أي (256) مرة أكثر منها. وهذا يعني أن ارتفاع درجة حرارة شمس ما لأربعة أضعاف حرارة شمسنا وبنفس حجمها سيجعلها تضخ إلى الكون مقداراً من الطاقة يعادل (256) ضعف ما تضخه شمسنا له، وبالمقابل ستبلغ درجة لمعان أي جسم أسود كروي (نجم مثلاً) حاصل ضرب مساحته السطحية في الأس الرابع للدرجة حرارته!!

كيفية صناعة الجسم الأسود:

يمكننا صناعة جسم أسود في المختبر (وعلى الوجه التقريبي) وذلك بأخذ جسم كبير صلب كروي مجوف وثقبه ثقبا صغيرا جدا بمسمار (أو بدبوس فولاذي) مدبب، عندها سيمثل هذا الثقب الصغير ثقبا أسود، وذلك لأن أي شعاع (ضوئي أو حراري) سيدخل إلى داخل كرتنا المجوفة هذه من خلال هذا الثقب لا بد أن يصطدم ويرتد عن أحد جوانبها الداخلية ومن المتوقع أن يقوم السطح الداخلي لهذه الكرة بامتصاص جزء من طاقة الإشعاع في كل مرة يصطدم به ويرتد عنه، وإذا ما صادف أن تمكن هذا الشعاع الداخل إلى الكرة من الخروج من خلال نفس الثقب الذي دخل منه (وبعد أعداد لا تحصى من الاصطدامات بالجدار الداخلي للكرة وامتصاص جزء من طاقته في كل مرة ومن ثم الارتداد عنه) سيكون قد فقد من طاقته وشدته الشيء الكثير والكثير جدا إلى الحد الذي يمكن معه إهماله كليا ومن هنا نفهم لماذا يمكننا اعتبار ثقب المسمار الدقيق في كرتنا المجوفة الكبيرة (ثقبا أسود)؛ ومن النوع (شبه) المثالي - وذلك حسب تعريف الجسم الأسود - لأن كل الإشعاعات التي دخلته قد تم امتصاصها من قبل السطح الداخلي للكرة المجوفة. وكمثال حسي استباطي تقريبي (ولكنه خيالي!) بإمكانك تصور ذبابة تدخل تلك الكرة المجوفة الكبيرة وتضل طريقها داخلها وتستمر بطيرانها وهي لا تدري حتى تصطدم بجدارها الداخلي فترتد عنه وتواصل طيرانها في الاتجاه المعاكس حتى تصل إلى طرف باطن الكرة من جهتها المقابلة ثم ترتد عنه بالاتجاه المعاكس وتستمر على هذا المتوال حتى تخور قواها ولا تعود قادرة على مغادرة جوف الكرة



حتى ولو توجهت إلى عين الثقب الذي دخلت منه!

ولاستعادة وتوضيح بعض الحقائق الخاصة بصفات الأجسام السوداء نبيّن هنا أن طاقة الإشعاع المنعكس عن سطح الكرة الداخلي يعتمد على حرارته، بمعنى أن مقدار طاقة الإشعاع المرتد أو المنعكس عن سطح الكرة الداخلي يعتمد على حرارته، بمعنى أن مقدار طاقة الإشعاع المرتد أو المنعكس عن سطحها الداخلي والذي تبلغ حرارته (T) يساوي مقدار قابلية (الانبعاث) لجسم أسود تبلغ درجة حرارته (T) نفسها. وإذا عممنا هذا التصور على خصائص الأجسام السوداء المثالية نقول بأن صفة الإشعاع والانبعاث للجسم الأسود لا تعتمد أبداً على نوع المادة المصنوع منها وإنما تعتمد ببساطة على درجة حرارته.

والخلاصة: إذا تمكنا من صناعة أجسام مشعة مخوفة وعلى نمط الأجسام السوداء - بثقوبها الصغيرة - وباستخدام مواد مختلفة واجتهدنا على رفع درجة حرارة (باطنها) إلى (2000) درجة مطلقة (كالفرن) مثلاً فإن مقدار الطاقة المنبعثة (أو الانبعاثية) من تلك الثقوب الصغيرة ستساوي إذا ما تمكنا من مراقبتها وقياسها في غرفة مظلمة... وإن تغيرت واختلفت تلك الأجسام واختلفت طبيعة المواد المصنوعة منها على عكس سطوحها الخارجية والتي ستكون مختلفة. وأخيراً وحسب قانون (ستيفان - بولتزمن) آنف الذكر فإن (انبعاثية) الثقوب التي تتصرف تصرف الأجسام السوداء ستساوي أيضاً لأنها تنتج عن (الباطن والداخل) على حين تتغير (انبعاثية) سطوحها الخارجية حسب نوع المادة المصنوع منها، وللاثنتين علاقة وثيقة بدرجة حرارة كل منهما ولكن مع الأس الرابع لها كما يلي:

$$E_b(T) = \epsilon \sigma T^4$$

قانون رايلي - جينز

RAYLEIGH - JEANS LAW

لقد تمكن عدد من العلماء من وضع بضعة قوانين تخص تصرف الأجسام السوداء قبل أن يتمكن (بلانك) من وضع قانونه للانبعاث الإشعاعي. ففي عام (1900) تمكن الفيزيائي البريطاني [اللورد رايلي (1842-1919) Lord Rayleigh] من وضع قانونه لتحليل الموجات الثابتة في فراغ ثلاثي الأبعاد (والذي يماثل كرتنا المجوفة التي سبق الحديث عنها) وذلك بالاستناد على أسس الفيزياء الكلاسيكية (أي غير الكمية). صاغ (قانون رايلي - جينز) العلاقة بين كثافة طاقة إشعاع الجسم الأسود على شكل دالة للطول الموجي للأشعة المنبعثة منه كما يلي:

$$f(\lambda, T) = 8\pi k \frac{T}{\lambda^4}$$

حيث تمثل (T) هنا درجة الحرارة المطلقة (كالفن) و (k) هو ثابت بولتزمن ويساوي $(k = 1.3806505 \times 10^{-23} \text{ joules / Kelvin})$. ومن الملاحظ أن (رايلي) كان قد اشتق قانونه بالاعتماد على الأس الرابع للطول الموجي والذي طوره وحسنه لاحقا بالاشتراك مع الفيزيائي البريطاني [السير جيمس هوب وود جينز (1877-1946) Sir James Hopwood Jeans]. لقد طابقت التجارب المختبرية كافة التوقعات التي اقترحها هذا القانون فيما يخص الموجات الطويلة، ولكنه زاعج بشدة عند تطبيقه عمليا على الموجات القصيرة. ويمكنك ملاحظة حقيقة ذلك من نص صيغة القانون المتعلقة بقصر قيمة (λ) - أي بتصرف الموجات القصيرة بتطبيقه - فكلما قصر طول الموجة كلما صغرت قيمة مقام المعادلة (λ^4) الأمر الذي يؤدي بالنهاية إلى بلوغ الدالة قيمة لا نهائية، وهذه النتيجة تعرف علميا (بالانهيار الفوق بنفسي) وذلك بسبب قصر طول الموجات الكهرومغناطيسية في ذلك المجال. الأمر الذي يستحيل معه (عمليا) تطبيق قانون رايلي.



إضافات أخرى لقوانين الإشعاع:

موضوعات بلانك

The Plank's Formulations

π ✖ ألمانيا (1900)

أعلن (بلانك) في عام (1900) بأنه قد أنجز تعديلات مهمة على الحسابات الأساسية بحيث تتوافق الدالة $f(\lambda, T)$ مع النتائج المختبرية لكافة الأطوال الموجية عند اختبارها، ولقد سبق لنا تقديم (قانون إشعاع بلانك) بصيغته المطورة والتي تعتمد على الطول الموجي. وهناك طريقة أخرى لكتابة هذه الدالة وعلى الشكل الذي نجده في أكثر الكتب المنهجية، وهي:

$$f(\lambda, T) = \frac{8\pi hc \lambda^{-5}}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

والملاحظ هنا أن (معادلة بلانك) بكاملها تقترب من الصفر عند اقتراب الطول الموجي للأشعة الموجبة الكهر ومغناطيسية (λ) منه، أما (h) فهو ثابت بلانك ويساوي (6.6260693 $\times 10^{-34}$ J.s) و (k) هو ثابت بولتزمان و (c) سرعة الضوء. وكدأب الرياضيين والفيزيائيين لإيجاد المقابلات والمساويات ولولعهم بذلك فإمكاننا إعادة كتابة ثابت [(ستيفان - بولتزمان) - (a) المذكور سابقا بدلالة ثابت بلانك (h) و ثابت بولتزمان (k) وسرعة الضوء (c) كما يلي:

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} = 5.670 \times 10^{-8} \text{ J/(s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$$

ومما يذكره لنا التاريخ أن (بلانك) نفسه كان قد تمكن من التوصل إلى وضع قانونه للإشعاع من خلال تطبيق وموافقة المنحنى التي توصل إليها مع البيانات التي وجدت بالتجربة، ومن الممكن القول بأن أعمال وحسابات (بلانك) الأولى كانت من وحي الحدس والتخمين العلمي ولم تعتمد على نظرية ثابتة تدعمها من قبل ولكنه (برغم ذلك) سرعان ما تمكن من اشتقاق قانونه بطريقة علمية لا يرقى إليها الشك بتطبيقه لبعض التحوير على حسابات الطاقة

لكل طول موجي مؤثر في الفراغات التي سبق (لرايلي) ابتداعها ودراستها. ومن الملاحظ أن فكرة (بلانك) العبقرية الأولى - وإن احتاجت لبعض الوقت لقبولها من قبل المجتمع العلمي - تلخصت بافتراض أن تتكون فراغات (رايلي) في الجدران الداخلية للأجسام السوداء على شكل وحدات متناهية الصغر تعمل كمذبذبات كهرومغناطيسية، ولغرض تحقيق صحة تطبيق معادلته رياضيا افترض وجود هذه (المذبذبات الصغيرة) على هيئة (وحدات) بقيمة رقمية كاملة لـ (nhf) حيث تمثل (n) رقما صحيحا يسمى بالرقم الكمي و (f) قيمة المذبذبة الناتجة عن (المذبذب) الكهرومغناطيسي الصغير و (h) هو ثابت بلانك. كما افترض أن تقوم هذه (المذبذبات) ببعث الطاقة إلى وامتصاصها من تلك الفراغات على شكل (جرعات) (أو) رزم (كاملة تسمى (بالكميمات - Quanta)). ولقد أثبت التجارب اللاحقة (وبأجهزة أدق وفي مختبرات أعقد تجهيزا) بأن الصيغة الصحيحة لقانون التذبذب لا بد وأن تتضمن قيمة ونصف لـ (n) وعلى الشكل التالي $[(n + \frac{1}{2}) hf]$ ، ولكن مع الأخذ بنظر الاعتبار أن هذه الإضافة لا يجب أن تعتبر تغييرا جذريا على فرضيتي واستنتاج (بلانك) الأساسيتين أو تقلل من قيمتهما العلمية الإبداعية.

لقد أتى (بلانك) بالجديد غير المعتاد ولا المسبوق في ذلك الوقت المبكر (عام 1900) لدرجة أنه حتى هو نفسه لم يع أهمية ما توصل إليه ولسنوات عدة، فلقد جاء في مؤلفه الشهير (السير الذاتية العلمية ومقالات أخرى) قوله: لقد بذلت جهودا جبارة وأضعت أوقاتا طويلة ومررت بسنين صعبة مضنية من أجل إيجاد الموقع الملائم للمقادير الأساسية التي افترضتها وهي (الكميمات) المتمثلة بالقيمة (nh) ضمن النظريات الفيزيائية الكلاسيكية... ولكن بلا جدوى!.

اعتقد (بلانك) أول ذي بدء بأن ما توصل إليه من فرض وجود (كميمات المذبذبات الصغيرة) في جدران التجاويف الداخلية (والتي أثبت العلم لاحقا بأنها قد مثلت التصور الأولي لما نسميه بالذرات في الوقت الحاضر) لم تكن إلا توافقا رياضيا أمكن إدخاله لغرض تحسين توقعات تصرف مجمل طيف إشعاع وامتصاص الأجسام السوداء. وشاركه في اعتقاده هذا (في بداية تقديمه لتلك الفكرة) الكثير من الفيزيائيين الذين اعتقدوا أن ما قدمه (بلانك)



من تصور للكيمياء الصغيرة - أو ما قد يسمى بوحدة الطاقة - لم تكن إلا (شطحة) علمية وزيفاً رياضياً بئساً. إلا إن (بلانك) نفسه ورغم عدم تمكنه من إيجاد التفسير (العلمي) المقنع لما اقترحه من تصور (كميمي) لانتقال الطاقة، كان قد وجد فيها لبنة طيبة لبنة بل ومثالية التصرف بحيث طابقت التجارب المخبرية والتوقعات النظرية، حتى قوي إيمانه بها وبصدقها وبحقيقة وجودها فعلاً! ولفهم صعوبة إدراك التأثير متناهي الصغر ما بين قيمتين متجاورتين لـ (nhf)، لابد أن ندرك أن هذه القيمة وبحد ذاتها تمثل رقماً متناهيًا في الصغر لأنها تعتمد أصلاً على تأثير ثابت بلانك (والذي يعتبر رقماً يصعب تصوره لصغر قيمته)⁽¹⁾

كتب (هيلك كراغ - Helge Kragh) كتاباً بعنوان: ماكس بلانك (الثورة المرفوضة) جاء فيه:

((كان يمكن أن تحدث ثورة عظيمة في عالم الفيزياء عام (1900). وقد حدث بالفعل دون أن ينتبه إليها أحد! ولا حتى موجدتها (بلانك) نفسه، فقد يحدث ألا يُقدّر الحدث أو الشخص الذي أوجد الحدث حق قدره في حينه أو في حياته وهذا ما حدث بالفعل للعديد من عظماء التاريخ أمثال الفنان (فان كوخ) وعالمنا (ماكس بلانك). فالحقيقة أن التقدير والاحترام الذي نكسبه له اليوم ما هو إلا إسقاط تاريخي لما قام به بعد أن وعيناه وفهمناه في وقت لاحق يعتبر متاخراً بكثير! فما حدث من بطء في سرعة استيعاب وتقدير لبلانك (في حينه) كان بسبب قانونه في الإشعاع وذلك لأن الأسس (الكيميائية) للطاقة والتي اقترحها آنذاك لم تكن لتجذب أي اهتمام أو ملاحظة رغم اعتبارنا إياها الآن إنجازاً فكرياً خلافاً بحق. فلم يدرك أهمية فكرته

(1) وهو ثابت فيزيائي استعمل لتوصيف مقدار (الكمية - Quantum) في (نظرية الكم - Quantum Theory) وستي باسم العالم الفيزيائي الألماني (ماكس بلانك) تكريماً له. وأول استعمال له كان باستنباطه كثابت تناسب ما بين طاقة (E) الفوتون ومقدار ذبذبه كموجة (كهرومغناطيسية - V) وتسمى معادلة ربط مقدار الطاقة بالذبذبة بمعادلة (بلانك - اينشتين) أو (معادلة بلانك) وهي $E = hv$ وتبلغ قيمة ثابت (بلانك) ما يوازئها حسب الجدول المرفق. (المترجم).

| Values of h | Units | Values of \hbar | Units |
|----------------------------------|---------|-----------------------------------|---------|
| $6.62606896(33) \times 10^{-34}$ | J . s | $1.054571628(53) \times 10^{-34}$ | J . s |
| $4.13566733(10) \times 10^{-15}$ | eV . s | $6.58211899(16) \times 10^{-16}$ | eV . s |
| $6.62606896(33) \times 10^{-27}$ | eVg . s | $1.054571628(53) \times 10^{-27}$ | eVg . s |

وتطبيقاتها آنذ إلا قلة قليلة من العلماء والفيزيائيين والذين اعتقدوا بصحة معادلته... ولكنك قد تدهش إذا علمت أنه - وإلى حد السنين الأولى من القرن العشرين - لم يدرك أي منهم بأن ما قدمه (بلانك) في حينه كان يمكن أن يعتبر مناقضا عنيفا لمبادئ الفيزياء الكلاسيكية المعروفة آنذاك وأنه على وشك أن يحدث ثورة وانفجارا حقيقين فيها في المستقبل القريب).

لف الغموض معادلات (بلانك) وطولها صفحات الكتب المغلقة فوق رفوف المكتبات العالية حتى جاء (اينشتين) عام (1905) وأثبت أنه بالإمكان إزالة الغبار عن (معادلات بلانك) والإشادة بعبقريته، وأن ما صنعه وتوقعه سيكون ربح وشرع فيزياء العصر الحديث ليأخذها إلى ما بعد الفيزياء الكلاسيكية حيث يمكن تطبيقها على مختلف الظواهر... عندها وعندها فقط أدرك الفيزيائيون أن ما اعتقدوه بشأن صحة النظرية الموجبة الكلاسيكية للضوء لم تكن إلا صورة مشوهة للحقيقة والتي لا يقبلها العقل ولا قوانين الفيزياء ذاتها. إن ما قام به (اينشتين) هو تقديم النموذج العملي لانتقال وانبعاث وامتصاص الضوء وإعادة توصيفه على شكل (وحدات) محددة أسمها (الفوتونات) وبذلك أصبح أول من أدرك أهمية وضرورة التمسك بنظرية الكم وتطبيقاتها.

لقد أثمرت جهود (بلانك) وقادته أعماله النظرية لاشتقاق قانونه في الإشعاع اعتمادا على ابتكاره الجديد (وهو الكميات - وتعني وحدات الطاقة المفردة المستقلة والمتذبذبة) إلى منصة استلام (جائزة نوبل) للفيزياء في عام (1918)، كما مكنه قانونه ذاك من حساب قيم كل من ثابت بلانك (h)⁽¹⁾ و ثابت بولتزمان (k)⁽²⁾ اعتمادا على معلومات وحسابات مخبرية تجريبية.

(1) راجع الصفحة قبل السابقة.

(2) وهو الثابت الفيزيائي (k) المسؤول عن ربط علاقة (الطاقة) على المستوى (الجزيئي) مع (الحرارة) المسجلة على المستوى (الكلّي). ويساوي حاصل قسمة ثابت الغاز (R) على عدد أفوكادرو (NA): مكننا $K=R/NA$ وبإمكانك الرجوع إلى قيمه حسب الجدول المرفق. (المترجم).

| Values of (k) | Units |
|---------------------------------|---------------------|
| $1.3806504(24) \times 10^{-23}$ | J k ⁻¹ |
| $8.617343(15) \times 10^{-5}$ | eV k ⁻¹ |
| $1.3806504(24) \times 10^{-16}$ | erg k ⁻¹ |



أما اليوم فيحتفل الفيزيائيون في كافة أنحاء العالم بعيد ميلاد (فيزياء الكم) الرسمي وذلك منذ يوم الرابع عشر من شهر كانون أول ديسمبر من عام (1900) وهو اليوم الذي وقف فيه (بلانك) أمام مجمع (برلين) للفيزياء صادحا بتفسير نظريته لمن جلس ليستمع إليه من العلماء. لقد مثلت نظريته وأفكاره في حينها رأس قمة جبل الجليد الذي يخفي الجبل الأعظم من حجمه وقيمه تحت الأعماق بعيدا ليس عن (النظر) فقط بل وعن الإدراك أيضا. ولا يجادل أحد اليوم في أهمية إنجازاه في وضع حجر الأساس للفيزياء الحديثة، ذلك الحدث الذي وصف بمنتهى البراعة والتواضع ولم يعكس إلا الواقع في كتاب هنري هوبر (Henry Hopper) وبيتر كورين (Peter Gwynne) والذي (صدر بعنوان الفيزياء وتوقعاتها - Physics and Physical Perspectives) والذي جاء فيه:

((لقد بدأت تظهر للعيان وابتداء من عام (1890) سلسلة من الاكتشافات النظرية والمختبرية والنتائج والحسابات التي لم تكن اعتيادية بالمرة وإنما كانت أفكارا وحقائق اقتنحت حصن (الذرة) وأدخلت عقول وعيون الفيزيائيين (المحملة) إلى عالم رقمي متوازن لم يسبق أن اقتنحه فكر من قبل.

أما رأس الحربة في هذا الإنجاز العظيم والفتح المبين فهو ما يسمى اليوم (بنظرية الكم) والتي وضحها الفلكي جورج كاسو (George Gamaw) لاحقا بكتابه الرائع (ثلاثون سنة هزت الفيزياء). أما ملخص تلك النظرية... (نظرية الكم) فتقول باعتبار كل الإشعاعات الكهر ومغناطيسية من ضوء وحرارة وأشعة تحت حمراء وفوق بنفسجية مرورا بكل ألوان الطيف المرئي ما هي إلا مظاهر صغيرة ووحدات كاملة من الطاقة التي تنتقل بسرعة الضوء اسمها «الكيميات»)).

وقبل أن أختتم هذا القسم، لابد من الإشارة إلى محاولة أخرى سبقت (قانون بلانك) ومهدت له، ألا وهي (قانون إشعاع فيان - Wien's Radiation Law) والذي يعرف أيضا (بقانون توزيع فيان - Wien's Distribution Law) والذي صاغه الفيزيائي فيان (Wien) في عام (1896) والذي نص على ما يلي:

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T})}$$

ولقد سبق بيان معاني هذه الرموز سابقا.

إلا أن (فيان) هذا لم يكن موفقا في محاولاته لتركيب المعطيات وملاءمتها مع بعضها البعض، ولهذا السبب فشل قانونه تجريبيا في تطبيقاته على مدى الموجات الطويلة جدا، ومع ذلك لا ينبغي لأحد أن يغفل أهمية هذه المحاولة الجادة كونها كانت الإلهام والحافز (لبلانك) في محاولاته اللاحقة والتي أفضت إلى اكتشافه لقانونه في الإشعاع عام (1900)، إثر إجرائه للعديد من التجارب لتحسين ومحاولة إعادة اشتقاق قانون (فيان) ذاك.

وأخير إليك ملخص سريع وشامل للاختلافات الأساسية بين أمهات قوانين الإشعاع وعلى الشكل التالي:

- قانون بلانك: وهو الصالح للتطبيق على جميع الأطوال الموجية بلا استثناء.
- قانون فيان: وهو الذي يصح بصورة تقريبية على الموجات القصيرة.
- قانون رايلي - جينز: وهو الذي يصح بصورة تقريبية على الموجات الطويلة ولكنه يقف عاجزا عن التعامل مع الموجات القصيرة والقصيرة جدا حيث يبلغ عجزه مداه حين تقفز قيم الإشعاعات إلى مناسيب فلكية حتى تنتهي بما يسمى (بالانهيار فوق البنفسجي) حين تبلغ قيمة الطاقة (رياضيا) (المالانهاية)! وهذا ما لا يعقل.

للفضوليين فقط:

- كان (بلانك) أول فيزيائي رفيع المستوى ساند وساعد (اينشتين) باجتهد وحرفية واندفاع لدى إعلان الأول عام (1905) لنظريته في النسبية.
- ناهض (بلانك) وبشجاعة منقطعة النظر كافة آراء وممارسات (هتler) العنصرية تجاه الدين والعرق إلى درجة أنه ذهب إلى (هتler) بنفسه ليقدم له احتجاجه وتحفظاته على ممارسات بلاده وقائدها.
- صعد (هتler) من ممارساته القمعية ضد اليهود وأعدم النازيون (ابن بلانك) في عام (1945).



- كثيراً ما تشاهد (بلانك) و(اينشتين) متصاحبين على إحدى خشبات (الصالات)⁽¹⁾ يعزفان الموسيقى الكلاسيكية، (بلانك) خلف البيانو و(اينشتين) حاملاً الكمان.

أقوال مأثورة:

- اتعرف لماذا لا نتمكن (نحن بنو البشر) من حل الألغاز النهائية في الكون؟... السبب بسيط وهو أننا (أنفسنا) في النهاية نمثل جزءاً من ذلك الكون، وبالتالي نحن جزء من اللغز والمعضلة التي نحاول حلها. نحن ببساطة لا نملك لا القوة... ولا الحق لافتراض وجود... ولا حتى بقاء... فضلاً عن سرمدية ما اكتشفناه من قوانين.

بلانك

Max Plank (The Mystery of Our Being).

مقتطف من كتابه (وجودنا - في الكون - والغموض الذي يلغنا فيه).

- لقد تمكن (ماكس بلانك) في عام (1900) من حل واحدة من أصعب المعضلات التي ظلت تراوغ الفيزيائيين لسنين طوال، وهو بذلك قد فتح (صندوق بندورا)⁽²⁾ المليء بالمفاجآت لبني البشر.

بيوش

Fredrick Buech, Introduction to Physics for Sciences and Engineers -

مقتطف من كتابه (مقدمة في الفيزياء للعلوم والهندسة).

- إذا ما افترضنا تشبيه الكون (بما رحب) بباطن فرن عظيم. عندها ستمثل درجة حرارة باطن هذا الفرن معدل حرارة الكون. وبالأستعانة بقانون إشعاع (بلانك) للأجسام السوداء ومعرفة توزيع

(1) موسيقى الصالة - (Chamber Music): نوع من الموسيقى الكلاسيكية يعزفه عدة عازفين (الذين إلى خمسة) والذي يشيع جو الألفة والتقارب ويمكن عزفه في الغرف الصغيرة. ولا يتضمن عادة العزف الانفرادي (السلولو) - المترجم.

(2) بندورا (Pandora): هي أول امرأة خلقت في الميثولوجيا الإغريقية ولعلها المقابلة (لحواء). قام جميع الآلهة بخلقها وكل إله أعطاها صفة أو هدية أو حيلة وقد قامت بفتح صندوقها فأطلقت كل الشرور ولما أغلقتها احتجرت بداخله (الأمل). وقد نسي Anesidora وهي المانحة لكل الهبات. (المترجم).

الموجات الكهرومغناطيسية التي تأتيها من كافة أقطار الكون وزواياه وأطوالها الموجية يمكننا تحديد درجة حرارته بثلاث (3) درجات مطلقة (كالفن) فقط.

بويش

Fredrick Buech, Irodution to Physics for Scientists and Engineers -

المصدر السابق.

– لا تمثل الحقيقة إلا شريحة رقيقة جدا من مجمل الأفكار التي نحاول استيعابها.

بلانك

Max Plank, 1923 lecture on the law of causality and free will.

مقتطف من محاضرة له حول قانون السببية والإرادة الحرة.

– لقد عاش (بلانك) لما يقارب التسعين عاما؛ عاصر خلالها حربين كونيتين، وأميراطوريتين ألمانيتين والحلبة الجمهورية الديمقراطية الألمانية (1919–1933) ما بين الحربين، كما عاصر النهوض العلمي المشهود لألمانيا وساهم هو ذاته في بناء صرحه. ذلك الصرح الذي دمره التعصب النازي المناهض للسامية وحماقاته الأخرى. ورغم مناهضته لكل ما قام به النازيون الألمان ورغم ما عاناه من مرارة الألم والعذاب إلا أنه فضل البقاء فوق تراب وطنه ألمانيا حيا وتحت ميثا.

كروبر

William H. Cropper, Great Physicists.

(مقتطف من كتابه (فيزيائيون عظام).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد [ماكس بلانك (Max Plank (1858–1947] الفيزيائي الألماني الذي اشتهر بوضعه للنبات الأولى لما عرف فيما بعد (بنظرية الكم) وبوضعه (لقانون إشعاع الأجسام السوداء)، في مدينة كيل (Kiel) شمال ألمانيا حيث شغل والده منصب الأستاذ في القانون الدستوري في جامعتها.

تمتع (بلانك) بطفولة سعيدة كالأبن السادس للعائلة وعشق تسلق الجبال مع عائلته. كان



ناجحا في دراسته الأولية ومتميزا في الموسيقى بلا أدنى إشارة (لا في تصرفاته ولا في إنجازاته) لأي من مظاهر العبقرية في ذلك العمر المبكر، لا في العلوم ولا في الرياضيات. لمع (ماكس) في صباه كعازف بيانو موهوب لدرجة أنه فكر وعائلته جديا باتخاذ العزف مهنة له، فلقد كان له حس نغمي متميز وبرع بعزف مقطوعات (فرانز شوبرت - Franz Schubert) ويوهان برامز (Johannes Brahms). دخل جامعة ميونخ (Munich) عام (1874) وسرعان ما أعجب بالفيزياء والرياضيات ونما ولعه بهما. كان محبا للنقاش، كثير الأسئلة، طموحا في تفكيره وتطلعاته حتى حاوره أحد أساتذته يوما بأن حقل الفيزياء (حينذاك) كان قد أوشك على التمام ولا من جديد يكتشف بعد (نيوتن) و (كبلر) فلقد أوشكت قوانينها على الكمال ولا أحد يتوقع المعجزات في تغيير هذا الكيان الرياضي المتناسك البديع... إلا أن عشق (بلانك) الفطري للتفكير وللتفكير الفيزيائي على وجه الخصوص لم يمكنه من كبح جماح طموحه نحو التغير ونحو الأفضل. هذا ولقد وصف (بلانك) نفسه عشقه الفطري للفيزياء وتوقعاته الرحبة لها في كتابه الشهير (سيرتي العلمية وأوراق أخرى) والمنشور في عام (1949). عما يلي:

((لعله من البديهي أن عالمنا الخارجي والكون عموما لهما من الاستقلالية والعظمة ما مكنهما من التواجد والاستمرار بوجود بني البشر أو بعدهم. إنه بلا شك كيان فريد مطلق ولهذا السبب ظلمت أشعر في قرارة نفسي أن في اكتشاف واستقراء هذا الكون العظيم والمنظم والفريد من خلال فهم ووضع القوانين التي تساعد على فهم ظواهره وخوافيه لا بد وأن يشكل ذروة طموحي العلمي وسموي الروحي)).

وأضاف في مكان آخر من كتابه يقول:

((في داخلي حدس يؤمن بأن التفكير المنطقي البشري لا بد وأن يتطابق مع مجمل الظواهر والأحداث التي نستلمها ونستشعرها من العالم حولنا والتي نعيشها وتؤثر فينا. ولهذا أنا على يقين بإمكانية هذا المنطق على أن يفتح لعقولنا الدرب لفهم ميكانيكية هذا (الكون) من حولنا)).

استمر بلانك خلال كامل عام (1877) مواضبا على تحصيله العلمي في (جامعة برلين) حيث قابل الأستاذ الشهير (كوستاف كر شوف) واستمع إليه ووصفه بالمحاضر الممل! وواضب أيضا خلال تواجده في (برلين) على دراسة البحوث التي قام بها [رودولف كلوزيس (Rudolf Clausius) (1822-1888)] حول الديناميكية الحرارية وفتن بها إلى الدرجة التي أهلتها لاختيارها موضوعا لأطروحتة التي نال بها شهادة الدكتوراه عام (1879)، والتي احتوت على آرائه الخاصة وأعماله الفريدة في ذات المضمار والتي كانت بعنوان (حول القانون الثاني للنظرية الميكانيكية في الحرارة). وبالنظر لكفاءته وعلمه فما لبث أن عين في عام (1885) أستاذا فوق العادة للفيزياء النظرية في جامعة (كييل - Kiel) وتزوج بعد سنتين، أي في عام (1887) من ماري مرك (Marie Merck) وانتقل معها في العام التالي إلى (جامعة برلين) حيث عين أستاذا فوق العادة للفيزياء النظرية فيها أيضاً. ورغم شغف بلانك بالفيزياء والرياضيات والبحوث إلا أنه ظل مخلصا لشغفه وحبه للموسيقى واستمر على إحياء الحفلات الموسيقية في داره عازفا على البيانو تارة، وتارة على آلتة المشابهة للآرغن الهوائي بمسطرة مفاتيح يسيطر بها على العديد من الفوهات الهوائية التي تنبذب فوقها وريقات معدنية كلما داعبها الهواء المنفوخ إليها من الأسفل فتصدر من تحت أنامله ألحانا عذبة.

استمر (بلانك) في نشاطه الوقاد واستمر ذهنه يتدفق علما حتى عام (1897) حين نشر أهم كتبه وقد كان بعنوان (Vorlesungen über Thermodynamik) والذي كان عبارة عن موسوعة قيمة شملت العديد من المقالات والمصادر الخاصة بعلم (الميكانيكا الحرارية) أضاف إليها أطروحته السابق ذكرها والتي كان قد أنجزها عام (1879)، مع أهم البحوث والأفكار والملاحظات المتداولة حتى عام (1896). وقد اعتبر هذا العمل الفذ أساسيا في حقل الفيزياء الحديثة لدرجة أنه ظل المرجع المفضل والأكثر استعمالا في ذلك العلم ولفترة ناهزت الخمسين عاما. أما اهتماماته الأخرى في مختلف حقول الفلسفة والدين والقيم والاجتماعيات فقد ظلت متقدة بينة على الصعيدين العلمي والاجتماعي، فهو الذي قدم اقتراحه الشهير (بضرورة وضع الهدف الواضح والمحدد الذي يبين الغاية من (العلم) بحيث يمكن إيجاد الخلفية المشتركة



والمناسبة والتي عليها تقع مسؤولية ربط كافة القوى الطبيعية في الكون بقوانين موحدة. وقد بين في مقالته المنشورة عام (1899) في الدورية الألمانية المعروفة باسم (Sitzungsberichte der PreuBischen Akademie der Wissenschaften) اعتقاده بحتمية وجود ما أسماه (بالوحدات العلمية الطبيعية) وفسرها بأنها وحدات موضوعية لا تعتمد على نوع المواد أو أصولها ولا على القوانين الخاصة بكل مادة على حدة وإنما هي عبارة عن وحدات (قياس مشتركة) تحافظ على معانيها وقيمها بكل الأوقات، لكافة المواد، لجميع الحضارات حاضرها وتليدها بما في ذلك خصائص وتفاصيل الحياة الكونية (خارج الكرة الأرضية)، وحتى الأصول الحياتية غير الإنسانية، إذا ما صادف وأن اكتُشفت في الكون. وفي ذلك نظرة فلسفية عميقة وإيمان بين بوحدات الكون وما فيه. إلا أن مثل تلك الوحدات لازالت بانتظار الدعم النظري من العلماء والرياضيين والدعم الواقعي من الباحثين والمجربين، لإثبات وجودها من عدمه.

ولعل أقرب فكرة عملية وعلمية ملموسة لما سبق اقتراحه هو توصل العلماء إلى الاتفاق على ما اصطلح تسميته (بوححدات بلانك) أو (الوحدات الطبيعية) وذلك تخليدا واحتراما لرغبته في إيجاد تلك الوحدات (الموحدة) لتوصيف (كل) ما يحدث في الكون! وما يمكن العلماء من تحديده وتوحيده من خصائص وصفات هذه الوحدات كونها وحدات مشتركة لقياس الطول والكتلة والوقت والشحنة الكهربائية ودرجة الحرارة المطلقة صيغت بطريقة تجعل بالإمكان اختزال خمسة (5) ثوابت أصلية وأساسية في علم الفيزياء إلى ثابت واحد عند استعمال (وحدات بلانك).

أما الثوابت الخمسة آنفة الذكر والتي سعى (ثابت بلانك) لتوحيدها فهي سرعة الضوء في الفراغ (c) وثابت الجذب العام (G) وثابت بلانك المختصر (\hbar) والذي يرتبط بثابت بلانك الأساسي بالعلاقة $[\hbar = h/(2\pi)]$ و (h) هو ثابت بلانك الأساسي وثابت قوي كولوم $[1/(4\pi\epsilon_0)]$ حيث (ϵ_0) هي السماحية⁽¹⁾ في الفراغ و (k) هو ثابت بولتزمان.

(1) السماحية Permittivity: هي كمية فيزيائية نصف تأثر وتأثير مجال كهربائي معين بالقضية الكهربائية، وتعرف بأنها قابلية مادة ما للاستقطاب نتيجة تأثرها بحيز خارجي عنها وتعمل على تقليل قيمة ذلك التيار داخلها. أو هي قابلية مادة ما (للسماح) بانتقال التيار الكهربائي داخلها أو خلالها وتقاس بوحدة (الفاراد) على المتر (F/m).

ولعله من المبالغ فيه أن يطلق بعض الفيزيائيين مسمى (الثابت الإلهي!) على ثابت بلانك هذا فقط لإعانتة إياهم على التخلص من العديد من الثوابت (العرضية) آنفة الذكر ويعوض وحداتها بوحدة مشتركة واحدة. ومن المفارقات المدهشة في هذا الصدد أنه وفي الوقت الذي نضجت لديه إمكانية طرح فكرة (الوحدات الطبيعية)، لم يكن (بلانك) قد اكتشف قانون إشعاعه الخاص بالأجسام السوداء الذي سجل الظهور الأول لثابته المعروف باسمه، [ثابت بلانك (h)] بعد.

ولم يمر الكثير من الوقت حتى حاز هذا (الثابت) على اهتمام العلماء والباحثين فعمد كل من (جون. د. بارو - Barrow John D.) و (فرانك تبلر - Frank Tipler) إلى اشتقاق قيم العديد من (وحدات بلانك) الخاصة بالطول والزمن والكتلة في كتابهم المعروف باسم (مبادئ وصفات الكون المحسوس بشريا) وخلاصة ما بينا فيه هو أن قيمتي طول وزمن (بلانك) تبلغ من الصغر بحيث أنهما يعبران عن مقادير أقل بكثير من القيم المعروفة لأبعاد الذرة والزمن بأسس عديدة. أما كتلة بلانك فقد تقارب كتلة حبيبة رمل!

$$l_p = \left(\frac{G\hbar}{c^3} \right)^{1/2} \approx 10^{-33} \text{ cm}$$

$$t_p = \left(\frac{G\hbar}{c^5} \right)^{1/2} \approx 5 \times 10^{-44} \text{ s}$$

$$m_p = \left(\frac{c\hbar}{G} \right)^{1/2} \approx 10^{-5} \text{ gm}$$

ولعل خير من يصف الدور الذي لعبته الصدفة (أو هل لي أن أقول القدر) في كيفية توصل بلانك إلى معادلته الخاصة ب... ومن ثم قانونه الخاص بإشعاع الأجسام السوداء، حينما كان في (برلين) هو ما ذكره (هنريك سميث - Henrik Smith) في كتابه (ميكانيكا الكم) والذي جاء فيه:

((بعد أن احتسى (بلانك) وأفراد عائلته فناجين الشاي بعد ظهر يوم الأحد الموافق 7 تشرين

أول أكتوبر من عام (1900) والذي كان مناسبة ممتعة لتبادل الأحاديث بمختلف أهوائها

وتجاهاتها (علمية كانت أم عائلية أم اجتماعية) - جلس هو للراحة على مكتبه حتى المساء



يداعب أوراؤه بقلمه محاولاً أن يضع بعض الأفكار والصيغ مما مرت في ذهنه عصر ذلك اليوم. ومن بينها كيفية صياغة معادلة شاملة من شأنها التوحيد بين تصرف مجالات الأطوال الموجية، القصيرة منها والطويلة وصهرهما معاً في بوتقة واحدة متناغمة مع مفهومي [(رايلي) و(فين)]. لا أحد يدري فيما إذا كان بلانك قد نام أو لم يتم تلك الليلة ولكنه من المؤكد أن الإشعاعات الأولى من خيوط فجر اليوم التالي كانت أول من شهد ولادة (قانون إشعاع بلانك) ولما عبر على التفكير به وصياغته أكثر من (اثني عشرة ساعة). وقد تم وضعه في قلبه النهائي بعد اثني عشر يوماً فقط. وفي القانون بلور (بلانك) ما سمي لاحقاً (بقانون بلانك) وكانت المرة الأولى التي رأى فيها النور، وبعد شهرين نشر (بلانك) اشتقاقاته لقوانين الإشعاع بطريقة تضمنت فرضيات وأفكاراً لم ير علماء فيزياء القرن التاسع عشر مثلاً من قبل).

لقد عمد (بلانك) إلى توظيف المعادلات والنظريات التي تضمنت ما سمي (بالكميمات quanta) ولأول مرة لتفسير تصرف الطيف المعروف للأشعة الكهرومغناطيسية، وملخصها مفهوم انتقال الطاقة على شكل (جيوب - أو وحدات أو كميمات) مصغر كمية صغيرة جداً وثمت دعوته لشرح موقفه وآرائه الجديدة أمام اجتماع المجمع العلمي الفيزيائي الألماني في (برلين). ازداد احترام وتقييم المجتمع العلمي والفيزيائي على وجه الخصوص للجهود وعبقريته (بلانك) وطريقة تفسيره (لقانون الإشعاع)، الأمر الذي قاده لتسليم منصة استلام (جائزة نوبل) للفيزياء في عام (1918). وقد جاء في خطابه أمام لجنة الجائزة ما يلي:

((لعل من المفارقة أن أضعكم - سادتي الأفاضل - أمام اختارين لا ثالث لهما: الأول هو احتمال أن يكون موضوع (الكم والكميمات) الذي أسوقه اليوم إليكم ضرباً من الخيال وشطحة من شطحات الزمن، وعندها سترمي جميعاً بكافة نظريات الإشعاع ونتائجها في سلة الوهم ولن نعتبر كل ما حدث إلا ملهاة تم تمثيلها بلا شخوص ومسرحية تراجيدية بلا أهمية ولا عنوان مات بطلها (قبل أن يولد)! - أو أن أستمّر بعلمي وأستخدم تلك (الكميمات) في اشتقاق قوانين الإشعاع باعتبارها أساساً حقيقية وصلبة استمدت قوتها من مفاهيم متماسكة في عمق الكيان الفيزيائي. وإذا ما صحت الفرضية الثانية فمن واجبي - سادتي الأعزاء - أن أنبهكم إلى أن

هذا المفهوم الجديد وإذا ما تفضلتم بقبوله - لا بد وأن يلعب دوراً محورياً أساسياً في الفيزياء ومنذ اليوم... دوراً لم يسبق أن سمع به أحد أو أن لعبه أي (معامل) أو قانون فيزيائي من قبل... وستوقع حينها نتائج لم تخطر على بال، أبسطها أن ذلك القبول سيحتم علينا إعادة صياغة تفكيرنا الفيزيائي صياغة جذرية كاملة. وهنا احذركم - أيها السادة - بأن كل ما عرفناه من فيزياء قبل اليوم ومنذ أن فتحنا أعيننا على الأفكار الأزلية اللانهائية للفيزياء الهندسية والتحليلية والتفاضلية التي جاء بها كل من (اللينز - Leibnz) و (نيوتن - Newton) والتي حتمت علينا قبول مبدأ الاستمرارية في كل الأسباب والمسببات وحتى اليوم.... سينهار. كما وأشهدكم أيضاً بأن هذه الفكرة ستحدث زلزالاً هائلاً يقلب مفاهيم الفيزياء وكل ما له صلة بها رأساً على عقب. وأختتم - سادتي الأفاضل - بالاعتذار عن عدم ترك أي فرصة أو مجال لكم للاختيار بين الفكرتين السالفتين فاليوم هو الفاصل لقبول مبدأ (التقطع) في الزمن والأمواج والوجود بالقول إن التجارب المختبرية قد حسمت موضوع الاختيار للاحتمال الثاني (إلى الأبد).

كتب هو بر (Hopper) وكاين (Gwynne) يقولان:

((لقد كانت الأسابيع والأشهر الأولى والتي أعقبت إعلان (بلانك) مملة ثقيلة بطينة الخطأ، فلقد ظهر أن (بلانك) كان يعزف (بلاقيثارة!) وحيداً في غابة صماء فلم يعرف أي فيزيائي لما صدح به أي اهتمام! ولا غرابة في ذلك إذ إن من مذهب الفيزيائيين (ولي أن أقول سائر شرائع المجتمع) أن يترثروا ويتناقلوا وحتى قد يرفضوا قبول كل ما هو جديد غير معتاد، خصوصاً أولئك الذين نشأوا واعتادوا على التفكير الكلاسيكي ولم تنح لهم فرصة التعرف على الحقلية العلمية الحديثة، أو الاطلاع والخوض في دقائق الأفكار الفيزيائية الثورية الحديثة. ولهذا السبب ولذا قرر غالبيتهم الانتظار والتريث وعدم الاندفاع لتأييد الهتاف الجديد... وإلى أن ينجلي غبار المعركة بين الفكرتين وينبري من يؤيد أو يناقض ما جاء به (بلانك) ويؤكد أو ينقضه مختبرياً من زاوية أو أخرى من زوايا الفيزياء التجريبية)).

انتهى انتظار الفيزيائيين للحدث الحسم بأسرع مما كانوا يتوقعون حين نشر (اينشتين) في عام 1905 (وبعد سنوات قليلة من إعلان بلانك استخدام المفهوم (الكيمي) لتفسير قانونه في الإشعاع)



تصوراته باستخدام فكرة الكم وكيمياء الطاقة لتفسير نتائج تجربة حيرت الفيزيائيين لسنين خلت، ألا وهي تجربة التأثير [(الضوئي - الكهربي) - (The Photoelectric Effect)]، والتي فسرها اينشتاين (مستعينا بالإثباتات العلمية) بالاستناد إلى فكرة انتقال وامتصاص الطاقة على شكل مظاريق أو كيمياء صغيرة مفردة). ودارت عجلة الحياة حتى ظهر مقال بلانك في كتابه (سيرتي العلمية الذاتية وأوراق أخرى) والذي جاء فيه:

((لا يشهد لنا التاريخ ظهور قانون جديد أو فكرة جديدة غت وترعرعت وصلب عودها تدريجياً أمام أعيننا حتى تلاشى من أمامها خصومها وذاب تحت ضرباتها المعارضون لها حتى استقرت على عرش التفكير الفيزيائي، بين ليلة وضحاها. فلم تُبْنَ روما بليلة واحدة وما يحدث عادة (وهذا ما أثبتته التاريخ) هو أن الأفكار الجديدة لا تجد طريقها للظهور على مسرح الأحداث إلا بعد موت معارضيها وظهور الأجيال الجديدة التي سبق لها أن عرفت إلى مثل تلك الأفكار من قبل)).

توفيت (ماري) زوجة (بلانك) عام (1909) بعد أن يتمت له أربعة أطفال وفتحت عليه أبواب النحس وسوء الطالع على مصاريحها، حتى اضطر أن يتزوج في عام (1911) من ابنة أخت زوجته كي تعينه على تربية صغاره. وبعد طويل معاناة وكثير كفاح قتل ابنه كارل في الحرب العالمية الأولى وانتقلت كلا ابنتيه إلى جوار ربهما إثر ولادتهما المتعسرتين في عامي (1917 و 1919) على التوالي. شغل (بلانك) منصب سكرتير الشؤون الرياضية والعلوم الطبيعية في الأكاديمية البروسية للعلوم ما بين عامي (1912 و 1943)، ولما أرادت بلدية مدينة (فرانكفورت - Frankfurt) تكريمه بمنحه جائزة (كوتة - Goethe Award)، اعترض وزير الإعلام النازي (جوزف كوبلز - Joseph Goebbels)⁽¹⁾ على ذلك [لأن (بلانك)

(1) هو الدكتور بول جوزف كوبلز (1897-1945) - سياسي ألماني نازي شهير ووزير الإعلام الهتلري وأحد أخلص معاونيه المناوئين للسامية، حصل على شهادة الدكتوراه في الآداب عن أطروحته حول (أصول الدراما الرومانسية في القرن الثامن عشر). كان مسؤولاً عن محارق اليهود، وأصل تجييش الشعب الألماني للحرب. انتحر مع زوجته (ماجدة - Magda) بعد أن قتل أولاده الستة الصغار وذلك بعد انتحار (هتلر) وعشيقته (إيفارون) يوم واحد. (المترجم).

ورغم كونه مواطناً ألمانياً، إلا أنه كان لا يخفي تعاطفه مع اليهودي (البرت اينشتاين). ذكر (ألان ا. كرومستين - Alan A. Grometstein) في كتابه (أعماق الحقيقة: مقالات في الميكانيكا الكمومية) ما يلي:

((لما بزغ فجر الرايخ الألماني بزعامة (هتلر) وقويت شكيمته، اختار (بلانك) أن يبقى في موطنه (ألمانيا) بدل الفرار إلى (الحرية) في بلاد أخرى، ولقد عارض علناً سياسة الرايخ الثالث واعتبرها بمثابة سرطان سيؤدي بالأمة وإنجازاتها إلى الدمار ولكنه مع ذلك ظل على ولائه لوطنه وآمن بأن وجوده فيه أفضل من وجوده خارجه على الأقل كمظهر من مظاهر (الحضارة) التي بدأت ألمانيا بفقدانها تحت سياسة (هتلر). ولعله كان مصيباً في ذلك فلقد عُرف بمساعدته وإيوائه وحمايته للعديد من أصحابه الذين كانوا أكثر عرضة للأذى والاضطهاد)).

لقد دفع (بلانك) ثمن ولائه غالباً فلقد عانى الأمرين من وجوده في بلاده وإخلاصه لوطنيته ومبادئه، فلقد مُسح بيته الريفي (في إحدى ضواحي برلين) عن بكرة أبيه والتهمة النيران إثر غارة جوية للحلفاء. وفي تلك الغارة فقد (بلانك) بل العالم بأسره معظم أعماله العلمية العظيمة وتسجيلاته وملاحظاته البارعة وإلى غير رجعة، أضف إلى كل معاناته تلك قيام الجستابو (وهو الحرس السري الألماني) بتعذيب ولده (ارون - Erwin) حتى الموت في غياب أحد السجون وذلك أثناء انتزاع اعترافاته بشأن معلومات عن ضلوعه في مؤامرة اغتيال (هتلر) الشهيرة. والحقيقة أن (ارون) هذا كان - على الأغلب - بريئاً من تلك التهمة فهو لم يكن متورطاً إلا بقدر ما يمكن أن يكون قد عُرف أحد الضالعين بها. لقد هرب (بلانك) من العاصمة وقد ناهز الثمانين من العمر (80) وآثر أن يقضي ما تبقى من حياته في الريف بعيداً عن الأنظار والملاحقة التي أقضت مضجعه ومضجع من تبقى من أفراد عائلته، إلا أن سوء الطالع لاحقه وهو في خريف عمره فلما جاء أمر تفتيش الريف وإخلاء دوره من ساكنيها كان (بلانك) قد بلغ الرابعة والثمانين وكان أضعف من أن يتمكن من الهجرة أو المعارضة فاختار أن يتزوي بعائلته ويقيم لنفسه ولها خيمة في عمق الغابة ليكمل ما تبقى له من سني حياته فيها. ولكنه ومع كل آلامه ومصائبه كان قد قاد قارب حياته وعاشها حافلة طويلة متنوعة مليئة بالأفراح والأتراح، فهو من القلائل الذين عاشوا ليشهدوا شموخ إنجازاتهم الرائعة وتقدير العالم لهم



ولها، فلقد مُنح العديد من الجوائز والتي توجها بحصوله على (جائزة نوبل). ومن بين المناصب الفخرية التي تشرف (بلانك) بتقلدها انتخابه زميلا للجمعية الملكية في عام (1926)، وحصوله على ميداليته في عام (1929)، وانتخابه زميلا للمجمع الملكي في أدنبره عام (1937). وفي ذات العام وقف ليلقي محاضرة بعنوان (الدين وفكرة الطبيعة) قال فيها:

((إني على أتم اليقين من وجود الخالق (عز وجل)، وهو الأزلي في كل مكان وزمان ولا أشك في ذلك مطلقا، وهو بعظمته سبحانه لا بد وأن يكون عظيما وعصيا على الإدراك بذاته ولكن هناك الكثير والكثير جدا من الإشارات التي تترجم عظمته لنا)).

لقد نضج تفكير (بلانك) في سنيته الأخيرة - حاله حال العباقرة السابقين والمعاصرين - أمثال (اينشتاين) و (نيوتن) و (كبلر) وغيرهم وبدأ يفكر بعمق أكثر في ماهية الكون والوجود، فلقد اقتنع في قرارة نفسه بعظمة الكون والوجود ولهذا لم يكن كامل الاقتناع بأن وحدة هذا الوجود هي (الكيميات) والتي من اكتمالها وتضافرها نتج الكون برمته. قد تكون خطوة صحيحة وفي الوقت المناسب على طريق طويل ولكنها لا يمكن أن تكون النهاية والحل (لكل شيء)! كما اقتنع أيضا بأن هذا الكون وهذا الوجود بما يحويه من نظام محسوس وترتيب ظاهر لا يمكن أن يكون بلا هدف وبلا تعريف أي أن يكون (مبهما)⁽¹⁾ وهو المصطلح الإحصائي (والواقعي) الذي اعتقد بوجوده العديد من العلماء ومنهم الفيزيائي الشهير صاحب نموذج الذرة المعروف [نيلز بور (1885-1962) Neils Bohr] و [فيرنر ويرنر هايزنبرك (1901-1976) Werner Heisenberg].

آمن بلانك بأن (الحقيقة المطلقة) شيء سام يحتفظ لنفسه بموضع خارج الإدراك ولم يهضم يوما الفكرة القائلة بأن الملاحظ والملاحظ مر تبطان بشدة كما اعتقد العديد من العلماء ومنهم (بور Bohr) نفسه.

(1) المبهم (Indeterminate) وهو مصطلح يعني الشيء يمتلك مالا نهاية له من الحلول أو الذي لا يمكن إدراكه أو تعريفه كالاصطلاحات الرياضية السبعة وهي: 0° و 0^∞ و $0 \times \infty$ و $\infty - \infty$ و ∞ / ∞ و 1^∞ و $0/0$ و 0^0 [اللانهاية مرفوعة إلى القوة صفر وحاصل ضرب اللانهاية بصفر وتقسيم قيمة لانهاية على أخرى لانهاية وطرح قيمة لانهاية من أخرى لانهاية ورفع أي عدد صحيح حقيقي إلى القوة مالا نهاية وحاصل قسمة صفر على صفر ومقدار قيمة الصفر مرفوعاً إلى القوة صفر]. (المترجم).

ولكي تكتمل مأساة حياة هذا النابغة نراه (وقبيل المشهد الأخير من حياته) وقد حوَّصر بين جيوش الحلفاء المتقدمة من جهة وفلول الألمان المتقهقرة من جهة أخرى، ولم يجد نفسه إلا أسيراً مقادماً من قبل الأمريكان هذه المرة عندما عُثر عليه وحيداً بجانب منتجعه المجاور لنهر الألب والذي كان خطاماً أقرب منه أن يكون ملاذاً. وهكذا اقتيد إلى معسكر كوتنكين (Gottingen) للأسرى والذي شهد طي الصفحة الأخيرة من سيرة حياة هذا العملاق عن عمر قارب التاسعة والثمانين عاماً.

في كتابهما الرائع [100] عام من كيميائيات (بلانك) [توقع كل من (ايان دك Ian Duck) و (سودارشان E. C. G. Sudershan)] ما سيقوله المستقبل عن عصرنا وعن بلانك ما يلي:

((سينظر مؤرخو القرن الواحد والخمسين (العام 5000 ب. م) أي بعد (3000) سنة من اليوم إلى ملفاتهم القديمة بتنهّد وسيضطرون إلى إزالة كميات لا بأس بها من غبار السنين عنها وسيستجمعون همهم للبحث عما استرعى الانتباه واستحق أن يدون بإعجاب بشأن القرن العشرين (فهم سينظرون إلى تراثنا العلمي بدهشة تشبه دهشتنا وإعجابنا بتفاصيل حروب طروادة وأسبابها وأبطالها - هيلين وبارس وأشيلوس) ولا بد أن يسترعي انتباههم ضخامة هذا الإرث العظيم - ولا سيما إنجازات الثورة العلمية في فروع الفيزياء - ومن خلال نقاشاتهم (والتي غالباً ما ستكون عن طريق توارد الخواطر عبر الأثير) لا نخالهم سيختلفون عن اختيار أكثر تلك الأحداث تأثيراً في الحياة العلمية والتي ستكون وبلا شك فكرة (بلانك) للطاقة بصورتها الكمومية كما كان قد جاء بها في عام 1900!!)).

لقد فتح (بلانك) باباً عظيماً على مصراعيه (وهدى عقولاً خارقة) إلى حقيقة بالغة الأصلة امتازت بضرورة الإبداع وقمة الغرابة والغموض مع مطلق الأهمية لإدراك منتهى الحقيقة في هذا العالم بحيث لا يمكننا الآن أن نتصور إلى ماذا ستقودنا هذه الحقائق التي لا يوجد لدينا أدنى تصور عن منتهائها.

تقديراً لجهوده الفكرية وتخليداً لذكراه، سُميت إحدى فوهات القمر والبالغ قطرها (314



كيلومترا) باسمه وصادقت الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين على ذلك في عام (1970). تمكن الباحثون في مختبرات سانديا (Sandia) الوطنية عام (2003) من تخليق مادة فاقت توقعات (قانون إشعاع بلانك) للأجسام السوداء لتلك المادة! وما قاموا به عمليا هو تصنيع خويطات من (بلورات) عنصر التنكستن⁽¹⁾ فاقت في طاقتها المنبعثة عند تسخينها في مديات محددة من الطيف القريب من الأشعة (تحت الحمراء) مقدار الطاقة المنبعثة من الخويطات (الصلبة) المصنعة من ذات العنصر. وتكهن الباحثون أن هذا الشكل الجديد من العنصر المعروف سيشكل (يوما ما) حجر الأساس لتوليد طاقة نظيفة فائقة الجودة ومن نوع جديد، فلقد تمكنوا من إثبات أنه بإمكان الإشعاع المنبعث من خويط التنكستن والمصنوع (حصريا) من بلوراته أن يضخ الطاقة خلال مديات موجية مؤلفة مع أنواع متطورة من الخلايا (البطاريات) الكهروضوئية والتي ستستطيع - حسب طبيعتها - من تحويلها إلى طاقة كهربائية نظيفة. هذا وتقاد البلورات الجديدة هذه والمسماة (بالبلورات الكيميائية الضوئية) إلى (قانون بلانك) آنف الذكر والذي يصف تصرفها كجسم أسود وليس كيان بلوري ضوئي كيمي. ولايضاح ما سبق أنقل إليك شرح أخصائي أبحاث تلك المادة كما يلي:

((من الظاهر أن هذه المصفوفات البلورية المتكررة تقود خطوط الطاقة المارة بها عبر أواصر وفجوات معينة محددة وتحفزها للخضوع لتداخلات عنصر (التنكستن) مع الفوتونات الضوئية وبطريقة فاقت توقعات (بلانك) نفسه عندما صمم وفكر ووضع قانونه الرائع لمخارج الطاقة وكمياتها عند تسخين الأجسام السوداء الكلاسيكية. ولابد لنا من التأكيد هنا على أن لكيانات هذه المواد البلورية المتكررة قابلية إصدار كميات أكبر من الطاقة تفوق ما تبعته موادها الخام الطبيعية فقط ضمن نطاق المديات الذبذبية (والأطوال الموجية) التي يسمح تكوينها المادي البلوري والتكراري الداخلي للطاقة أن تخترقها وتعبر من خلالها)).

(1) التنكستن (Tungsten): وهو عنصر رمادي - مبيض ثقيل ينتمي إلى عائلة الكروميوم والمليبدنيوم عدده الذري (74) ورمزه الكيميائي (W) وقد يسمى (Wolfram) ويعتبر لتقوية الكربون والحديد في سبائكهم وفي صناعة خيوط (اللبات) الكهربائية. (المترجم).

وختاماً أظنني عبرت - وبوضوح - خلال تصفحي لسجل حياة هذا العالم عن اهتمامه وولعه الشديدين بالثوابت الفيزيائية الأساسية، فمن المعروف أن هذه الثوابت الأساسية - وخذ سرعة الضوء (c) في الفراغ مثالا على ذلك - قد اتفق على اعتبارها ثابتة أزلية غير خاضعة للتغير (وهذا هو الأساس وحجر الزاوية في (نظرية اينشتين النسبية)، ولكن الجديد في الموضوع أن علماء القرن الواحد والعشرين ما فتئوا يدعون أنهم تمكنوا من رصد وقياس تغيرات طفيفة في تلك القيم (الثابتة)! فمثلاً اقترح العديد من العلماء وفي أماكن متباعدة من العالم عام (2006) - أمثال الفرق الفيزيائية وعلماء الفلك في هولندا وروسيا وفرنسا - أن قيمة الثابت (μ) ميو - والذي يمثل نسبة كتلة البروتون إلى كتلة الإلكترون قد تكون قد نقصت قليلاً! في الوقت الحاضر عما كانت عليه قيمتها عند لحظة ولادة الكون. ومن المدهش أن ملاحظاتهم وآراءهم هذه كانت قد بنيت على أساس الحسابات والأدلة التي حصلوا عليها من دراسة نماذج أطياف امتصاص الضوء لجزئيات الهيدروجين المتموضعة في أعماق سحيقة من الكون مقارنة بأطياف امتصاص الضوء لجزئيات هيدروجين موجودة في المختبر.

ولإلقاء شيء من الضوء على خاتمة هذه الرحلة، لابد لنا أن نوضح - وبلاستناد إلى سرعة الضوء والزمن اللازم له لبلوغ مرصديننا وآلات قياسنا وزيادة هذا الزمن كلما أمعنا في مراقبتنا لأغوار أعماق من الكون، بأن على المدارس لتلك الإشارات أن يعي بأنه سيكون كمن يقلب صفحات الزمن (بالمقلوب - أي من الحاضر إلى الماضي) ليعلم وليدرس ما حدث آنذاك. وقد يتمكن العلماء من الاستعانة بمثل تلك الاكتشافات لتحديد أسس مقارنتهم لثوابت الكون والبت في ثبوتها أو تغيرها مع الزمن. وأخيراً لابد لعلم الفيزياء من تقديم شحنت إضافية من (كميمات) المعرفة وإدخالها إلى (بلورات) الكيان العلمي العالمي الحالي لغرض إقناع علمائنا الآن لقبول تلك الفرضيات والمثرووع باستخدامها كأسس جديدة لاكتشافات (أغرب)! في المستقبل.⁽¹⁾

(1) وهنا لا أجد خيراً من الآية الكريمة ﴿وَيَسْأَلُونَكَ عَنِ الرُّوحِ قُلِ الرُّوحُ مِنْ أَمْرِ رَبِّي وَمَا أُوتِيتُمْ مِنَ الْعِلْمِ إِلَّا قَلِيلًا﴾ صدق الله العظيم، سورة الإسراء، الآية (85)، كي أختتم بها كل ما سبق. المترجم.



مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Barrow, John D., and Frank Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (New York: Oxford University Press, 1988).

Duck, Ian, and E. C. G. Sudarshan, *100 Years of Planck's Quantum* (Singapore: World Scientific, 2000).

Grometstein, Alan A., *The Roots of Things: Topics in Quantum Mechanics* (New York: Springer, 1999).

Hooper, Henry, and Peter Gwynne, *Physics and the Physical Perspective* (New York: Harper and Row, 1977).

Kragh, Helge, "Max Planck: The Reluctant Revolutionary," *PhysicsWeb*, December 2000; see www.physicsweb.org/articles/world/13/12/8/1.

Kreith, Frank, and Mark S. Bohn, *Principles of Heat Transfer*, 6th edition (Pacific Grove, Calif.: Brooks/Cole, 2001).

Planck, Max, *Scientific Autobiography and Other Papers* (New York: Philosophical Library, 1949).

Singer, Neal, "Energy Emissions Far Greater Than Predicted by Planck's Law: Revolutionary Tungsten Photonic Crystal Could Provide More Power for Electrical Devices," DOE/Sandia National Laboratories, July 8, 2003; see www.newmaterials.com/news/2245.asp.

Smith, Henrik, *Quantum Mechanics* (Singapore: World Scientific, 1991).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

— لا بد من وجود الله (جل وعلا)، لأن في الرياضيات التناغم والتوافق والحقيقة، ولا بد من وجود

(الشيطان) لأننا لا نستطيع إثبات ذلك التناغم والتوافق ولا تلك الحقيقة⁽¹⁾.

كلين

Morris Kline, *Mathematical Thoughts from Ancient to Modern Times*.

مقتطف من كتابه (الأفكار الرياضية منذ فجر التاريخ وحتى وقتنا الحاضر).

— لم الخلاف ولا يوجد أي فارق جوهري بشأن قدرية تصرف الكون فيما إذا كان مصدرها الله (الإله

الأحد القادر سبحانه) أو أنها نابعة من قوانين الطبيعة... فإننا وعلى كل حال يمكننا دائما أن نرجع كافة

قوانين الطبيعة ونرصها معا تحت عنوان (إرادته) جل وعلا.

هاوكنج

Stephen Hawking, *Black Holes and Baby Universes*

مقتطف من كتابه الشهير (الثقوب السوداء والأكوان الفتية).

(1) حسب ترجمة النص.

– تمنح قوانين الطبيعة دوراً محدداً معلوماً لحدود ومفاهيم معينة. ولكننا لا نعرف حقيقة ولا كنه هذه الحدود ولا أصل تلك المفاهيم. إن كل ما استطعنا معرفته عن تركيبها (وإلى اليوم) هو أنها عبارة عن (حقول كيميائية ابتدائية)، تمتاز بالدقة الكاملة وبالبساطة المتناهية لأنها تحكم بالتماثل وتتماز به، ولكن تلك الحقول ليست من الأشياء التي يسهل إدراكها فلا خلقية لنا عنها! وكل ما يمكننا تأكيد ههنا هو أن كل مفاهيمنا الحالية والاعتيادية بخصوص الفضاء والوقت والسببية والتكوين والتركيب والمادة والطاقة سوف تقف عاجزة وتفقد كل ما تعنيه مسمياتها عند ذلك المستوى.

ولكننا بالمقابل قد تمكنا (وعلى مستوى الحقول الكيميائية فقط) من فهم... وبدأنا بالفعل نتلمس (الحقيقية) بصورتها المبسطة المقبولة.

وينبرك

Steven Weinberg "Is Science Simple?" in The Nature of the Physical Universe.

مما كتبه في كتاب (طبيعة الكون الفيزيائي) تحت عنوان (هل يمتاز العلم بالبساطة؟).

– الفيزياء بوتقة نادرة تجمع داخلها مفهومي الاختراع والاكتشاف معا!! خذ (قانون نيوتن في الجذب العام) و (قانونه في الحركة) مثالين.. تراهما عبارة عن نموذجين رياضيين يحاكيان العالم الحقيقي في تصرفاته واستناده على ذلك نعتبرهما اكتشافين، ولكنهما (وفي الوقت ذاته) كانا اختراعين خالصين أنجزهما عقل (نيوتن) نفسه وكانا من بنات أفكاره. ولعل في (التقريبية) التي تصبغ هذين القانونين (وغيرهما من قوانين الفيزياء) أي (عدم تطابقهما مع الواقع) بكل تفاصيله بالضبط لهو الدليل على خلوهما من الإطلاق والسرمدية وقد يعتبهما المتشددون بالتوصيف الذي (ينقصه الكمال). ولكن الكون – في المقابل – هو الكون كما هو ونظريات البشر لتوصيفه لا بد وأن تعتبر اختراعات لأنها (أوجدت) ولم تكن من قبل، كما يمكننا اعتبارها اكتشافات لأنها تعكس وببساطة واقعا (موجودا) قبل وجودها. وعلى أي حال أجدني على يقين بأننا سوف نسعى وسنظل دائما نبحث في سعينا عن النماذج (المحاكية)، وليست (المطابقة) للكون وتصرفاته لأننا – وهذا هو الواقع – لسنا إلا مراقبين له نصفه من (الخارج إلى الداخل) دائما، ولن نتمكن يوما من إدراك كنهه من (الداخل إلى الخارج) ولو حرصنا!

هوبسن

Nick Hobson, 2006, personal communication with the author.

من مراسلة شخصية له مع المؤلف.



قانون براك لاستطارة الضوء في البلورات

BRAGG'S LAW OF CRYSTAL DIFFRACTION

بريطانيا (1913):

تعتمد زاوية أعظم شدة انعكاس لشعاع مسلط على سطح بلورة معينة على الأبعاد الفاصلة بين مستويات ذراتها، وعلى طول الموجهي.

من أحداث عام 1913:

- اعتقال (المهاثما غاندي) قائد العصيان المدني السلمي الهندي ضد الأمبراطورية البريطانية.
- ولد المؤلف الفرنسي الشهير البير كامو (Albert Gamus) وولد الرئيس السابع والثلاثون للولايات المتحدة الأمريكية ريتشارد نيكسون (Richard Nixon).
- افتتحت بناية الـ وولورث (Woolworth) ودشن الخط المركزي لقطار أنفاق نيويورك.
- اشتهر وضع واستعمال السحابات (Zippers) في... وعلى الملابس.
- دشن (هنري فورد - Henry Ford) (صاحب إمبراطورية صناعة السيارات المعروفة باسمه) أول خط إنتاج (جملة) يعمل بواسطة الحزام الناقل في أحد مصانع سياراته.
- سوقت شركة تبوغ ر.ج. رينولدز (R.J.Reynolds) العملاقة ولأول مرة ماركة سجاثرها الشهيرة (الجميل).

نص القانون وشرحه:

اكتشف كل من الفيزيائيين البريطانيين (السير دبليو اتش براك - W.H.Bragg) وولده (السير دبليو ال براك - W.L.Bragg) قانون (براك) والذي يفسر نمط استطارة الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة من على سطح البلورات المسلط عليها. ويُعتبر هذا القانون أداة فعالة ذات كفاءة عالية لدراسة البنية البلورية للمواد، فعندما تُسلط موجات أشعة إكس على سطح بلورة مادة معينة فإنها ستفاعل مع المستويات الذرية المكونة لتلك البلورة والتي ستعمل

على إعادة انعكاس أشعة تلك الموجات بكيفية تتداخل الواحدة منها مع الأخرى بشكل بناء فتعزز بعضها البعض بقيم رقمية كاملة يحكمها قانون (براك) كالتالي:

$$n\lambda = 2d \sin(\theta).$$

حيث تمثل (λ) الطول الموجي للإشعاعات الكهرومغناطيسية الساقطة (أشعة - إكس كما في المثال السابق).

و (d) مقدار المسافات الفاصلة بين مستويات الكيان البلوري للمادة. و (θ) هي الزاوية الفاصلة بين الشعاع الساقط والأسطح التي يتشتت عنها خارجا من البلورة.

وتفسر هذه الظاهرة حقيقة أن الأشعة الساقطة على سطح بلورة ما والمارة خلال طبقاتها (أي مستوياتها الذرية) لا بد لها أن تنعكس عن أحد تلك السطوح إلى الداخل لتعود وتقطع (داخل كيان البلورة ذاتها) نفس المسافة التي قطعتها بدخولها قبل أن تتمكن من مغادرة تلك البلورة. تعتمد المسافة المقطوعة داخل البلورة على مقدار المسافة الفاصلة بين مستوياتها البلورية وعلى زاوية سقوط الأشعة التي سُلِّطَتْ عليها أول مرة، وللحصول على الأشعة المنعكسة (على شدتها العظمى) لا بد لأمواجها أن تتماثل بالطور (Phase)، كي تنتج نوع الانعكاس البناء آنف الذكر، عندها يكون المقدار (n) المذكور في المعادلة السابقة عددا صحيحا. وعليه فإن كلا من جزئي الشعاع المنعكس عن سطح المستوى البلوري الأول والثاني (وقد يكون مع الثالث والرابع... وكذا) في طور واحد عند خروجهما من على السطح الخارجي للبلورة، وهكذا سيظهر بشدة لمعان قوي أخاذ. ففي حالة ($n = 1$) سنحصل على الانعكاس من الدرجة الأولى، وإذا كان ($n = 2$) فإن الانعكاس سيكون من الدرجة الثانية وهكذا.. يتحول التداخل (البناء) تدريجيا إلى تداخل (هدام) عند تغيير قيمة (θ) في حالة مشاركة مستويين في استطارة الأشعة الساقطة.. ولكن عندما يشارك عدد كبير من صفوف المستويات البلورية في عكس الأشعة الساقطة عليها، عندها يبلغ التداخل البناء مبتغاه كقيمة عظمى ويصبح (لمعانا وتألوا) بشدة استثنائية بالنظر لحدوث الغالبية العظمى من التداخلات (الهدامة) فيما بين المستويات ذاتها ولا ينعكس عنها إلى الناظر إلا التداخلات



البناء.. وهذا هو سر المنظر الآسر الأخاذ لبريق الماس وسر ارتفاع ثمنه⁽¹⁾.

إن لهذا القانون فوائد جمة منها قياس أطوال الموجات الكهرومغناطيسية وحساب أعداد ومقادير الفواصل الكامنة ما بين المستويات الذرية للمواد البلورية الصناعية والشمينة كالماس والزمرد والياقوت وغيرها - ولقد وفر قياس ودراسة تصرف التداخل لموجات (أشعة إكس) في البلورات والذي عرف علميا (باستطارة أشعة - إكس) الدليل الحسي والمختبري الملموس للفكرة القائلة بأن الكيانات الذرية للمواد البلورية لا بد وأن تتشكل بمستويات متوازية مكونة من مراكز ذرات المادة المرتبة بتناظر وتماثل هندسي معين ودقيق... والتي ظلت سائدة لقرون خلت تنتظر من يثبتها.

للفضوليين فقط:

• شغف (براك - الابن) بالطبيعة وارتياح سواحل البحر بحثا عن القواقع حتى اكتشف نوعا جديدا من الأسماك من فصيلة (Cattlefish) سمي علميا بـ (Sepiabruggi) تيمنا باسم مكتشفها.

كما سجله التاريخ كأصغر من وطئت قدماء منصة استلام (جائزة نوبل).

أقوال ماثورة:

- بالنظر للتضارب الجوهرى بين صفات (الموجة والجسيم) - وهما شكلا انتقال الموجات الكهرومغناطيسية وتذبذب العلماء والفيزيائيين في حسم آرائهم حول تبني أي من الفكرتين وبالنظر لتصرف تلك الموجات فعلا بالطريقتين المتباينتين فقد سادت بلبلة فكرية كبيرة في الأوساط العلمية اقترح لها (وليم براك - الأب) الحل الساخر التالي:

(1) ما يحدد سعر الماس بالواقع هو الحرفية العالية في صقل أوجهه واختيار الزوايا الملائمة على سطحه وعلاقة الواحد بالآخر بطريقة تجعل الضوء النافذ إليه يمر بأكثر عدد ممكن من الانعكاسات (البناء) داخله ليخرج ريقا أخاذا. (المترجم).

- لتجنب الخلاف قبل انفلات الزمام وحل كافة مشاكلنا قبل أن يسود (الظلام)... فليطبق علماء وفيزيائيو القرن العشرين قوانين (النظرية الموجية) أيام الاثنين والأربعاء والجمعة وقوانين (نظرية الكم) أيام الثلاثاء والخميس والسبت أما أيام الأحاد فليأخذوا فيها إجازتهم في دورهم مع عوائلهم استعداداً لعمل الأسابيع الموالية... وفي ذلك خير لهم لو يعلمون عظيم!!

براك

William Henry Bragg, (Electrons and Ether Waves).

مقتطف من كتابه (الإلكترونات وموجات الأثير).

- لعل روح البغضاء والحسد تأبى إلا أن تمتد بأصابعها لتعكر صفو العلاقة حتى بين الابن وأبيه فلقد سبب العمل المشترك مشاكل جمة بينهما، وإن لم تطف على السطح بالنظر لتحفظ كلا الرجلين وابتعادهما عن النقاش الصريح الجارح في العلن لحل أزمتهم. لقد ظل حنق الابن على أبيه دفيناً وحقده متأججاً بالنظر لشعوره الدائم بعدم إنصاف المجتمع العلمي له وإضفاء الهالة كاملة لشخص أبيه وظلمه إياه بوضعه دائماً في ظله.

نورث

Anthony C. T. North, (Light is a Message - Book Review).

مقتطف من مراجعة كتابه (الضوء رسالة).

- ظل السير لورنس براك (الابن) والذي توفي في الأول من شهر تموز من عام (1971) عن عمر يناهز الـ (81) عاماً متمسكاً بيقينه الكامل بأنه هو (وحده) من أوجد هذا العلم الجديد الذي نذر نفسه لأجله وعاش من العمر ما يكفي ليشهد آثاره البينة على تطور العلوم الطبيعية ابتداء من علم الكيمياء اللاعضوية مروراً بعلوم المعادن ثم علم التعدين متوجاً باستخداماته في حقول الكيمياء العضوية والحيوية.

بروت

Max Perutz, (A Hundred Years and More of Cambridge Physics, Sir Lawrence Bragg).

مقتطف من كتاب (مئة عام ونيف من (إنجازات) فيزياء - جامعة كامبردج - السير لورنس براك).

- كل ما حدث كان (جسيمات) وكل ما سيحدث سيكون (أمواجاً) وما على (غريال) الزم من المسافرين



إلا أن (يعجن) الأمواج بالجسيمات في (لحظة) القياس!

براك (الابن).

William Lawrence Bragg, quoted in Ronald Clark's (Einstein, Life and Times).

مقتطف عنه في كتاب رونالد كلارك (اينشتين - الحياة والزمن).

ملخص لسيرة حياة المكتشفين:

[وليم هنري براك (1862-1942) William Henry Bragg] الأب

و [وليم لورنس براك (1890-1971) William Lawrence Bragg] الابن

فيزيائيان بريطانيان اشتهرا بأعمالهما الرائدة واستخدامهما (لأشعة - إكس) لاكتشاف وتحديد البنية البلورية للعديد من المواد مثل ملح الطعام (NaCl) و سلفيد الزنك (ZnS) والماس، الأمر الذي أهلهما لنيل (جائزة نوبل) في الفيزياء عام (1915).

ولد (هنري براك - الأب) في قرية وستوارد (Westward) في منطقة (كامبرلاند - Cumberland) من أرياف شمال بريطانيا منحدرا من عائلة اشتهرت بأصولها الفلاحية، كما مارس بعض أجداده التجارة عبر البحار. دخل المدرسة مبكرا وامتاز فيها حتى تأهل في عام (1885) للدخول الى كلية (الملك وليم) حيث تقمصته حالة من الهلع والخوف الشديدين من (الكتاب المقدس) كنتيجة لما ترسب في ذهنه عن قراءاته لقصص العذاب الأبدي في الحياة الأخرى فيه والتي أذكت الروع الذي سبق وأن ترسب في نفسه نتيجة لما روي له من الأحداث المرعبة وقصص العذاب التي تنتظر بني البشر في حياتهم الأخرى في صباه! لقد أفصح (براك - الأب) بصراحة عن تلك الوسوس التي لازمته وخالجت نفسه في مذكراته الشخصية، وفي محاضرة له في جامعة كامبردج ألقاها في عام (1941) والتي كانت بعنوان (العلم والايمان) قال فيها:

((لقد أرعبني الكتاب المقدس لسنوات، ابتعدت خلالها عنه وامتعت عن قراءته

ولم أشأ حتى رؤيته، وقد لا يكون هذا غريبا فهناك الكثيرون (على ما أعتقد) ممن

يشاطرونني هذا الرأي. لقد ملأني التفسير الحرفي لقصص التوراة رعبا وداخلني بسببه

الخوف الشديد الذي انعكس على شخصيتي وتصرفاتي فلازمني البؤس والوجل لعدد

لا يستهان به من سني حياتي)).

لم يفقد (هنري - الأب) إيمانه كاملاً إلا أنه اتخذ موقف الرافض المنكر تماماً لفكرة وجود (الجحيم الحقيقي). مرت السنون ونضج العالم المتفتح ذهنياً وتوصل إلى (السلام مع نفسه) واستطاع تهدئة ذاته وروعها حتى توصل إلى بوادر الإيمان حين (مسك عصا التدين من وسطها) كما جاء في كتاب (عالم الأصوات) والذي نُقل فيه عنه قوله: (أجزم الآن أن غاية الدين هي أن يدرك الإنسان الغاية من وجوده في هذا الكون، أما غاية العلم فهي بمنحه القوة اللازمة لتحقيق تلك الغاية).

لقد أحب (براك - الأب) الرياضيات كما لم يحب شيئاً في حياته من قبل، فلقد نذر نفسه وركز طاقاته لدراساتها خلال تواجده في (جامعة كمبردج) حتى كانت شغله الشاغل وهمه الوحيد فلم يعر أدنى اهتمام لأي موضوع سواها، لقد انكب - ولسنوات ثلاث متتالية - على دراستها طوال الصباح ومن الساعة الخامسة حتى السابعة عصراً وطوال وقت المساء حتى وقت منامه المتأخر كل ليلة.. أما نتيجة ذلك فكانت باهرة حقاً، فلقد أبدع أيما إبداع في الإجابة على كافة الأسئلة في جميع امتحاناته، حتى نقل كاتب سيرته الذاتية بول فورمن (Paul Forman) في كتابه المعنون (وليم لورنس براك) عنه قوله:

((لم أتوقع مطلقاً أن تكون للرياضيات مثل تلك القدرة الخارقة على السمو بمحببها إلى

تلك الحدود. نعم لقد سمت بي وسموت بها وازدادت معها ثقتي بنفسي إلى الدرجة

التي ذقت معها السعادة بطريقة لم أذقها من قبل وأدركت فيها لذة الشعور بالذات بما لم

يسبق أن خطر لي على بال)).

نعم لقد أحب (براك - الأب) الرياضيات وبرع فيها إلى الحد الذي أهله في عام (1855) لتبوء منصب الأستاذية في الرياضيات والفيزياء في جامعة اداليد (Adelaide) في أستراليا. مرت السنوات الأربعون الأولى من حياة (براك - الأب) بدون أي نشاط منشور يذكر، فلقد فضل هو قضاء سنينه الأكاديمية بين أروقة الجامعة وداخل قاعات التدريس محاضراً بارعاً جاذباً للعقول الفتية النهمة للعلم والمعرفة ومزاوياً بارعاً للعبة الكولف، فيما كان ابنه الأكبر



(وليم لورنس) مساعدته المجد في حمل مضارب اللعبة وكراتها. ومرت السنون على ذلك الحال حتى لمع نجمه وبرزت قابلياته عندما جاوز الأربعين.. وهنا يشير الكاتب (فورمن) إلى نبوغ الأب المتأخر في مزاولته للبحث العلمي وإبداعه في ممارسته والنشر فيه، فلقد جاء في مدخله من كتاب (معجم سير العلماء الذاتية) ما يلي:

((... من العادة بل من المتعارف عليه أن للنبوغ العلمي والألمعية الفكرية جذوة لا بد وأن تضرب بجذورها عميقاً في شخصية العبقري فتسمه بسماتها منذ نعومة أظفاره، إلا أن كل ما كان في حياة (براك) الطفل والشاب واليافع وحتى البالغ وإلى حد مجاوزته لسن الأربعين بقليل، لم يكن لينم عن أي بادرة من البوادر المؤشرة أو الملفتة لجذوة تلك العبقرية المفرطة. ولا يمكن اعتبار ذلك النموذج في الحياة إلا غمطاً استثنائياً غريباً لشخص تفتقت عبقريته بمفاجأة كاملة حيث عاش مغموراً حتى نجح بعد الأربعين في انتخابات حصوله على عضوية المجمع العلمي بلندن في عام (1907)، وجائزة أفضل محاضرة في عام (1915)، وجائزة نوبل في الفيزياء في ذات العام، وميدالية لفورد (Lumford)⁽¹⁾ الممنوحة من قبل المجمع العلمي الملكي عام (1935) وعضوية العديد والعديد من الأكاديميات العلمية الأجنبية. وللحق والتاريخ لا بد أن نذكر هنا أنه يمكننا اعتبار عام (1903-1904) هو عام بزوغ فجر عبقرية (وليم هنري براك - الأب) بعد عمر ناهز الحادية والأربعين سنة بقليل)).

(ملاحظة الكاتب: وهنا لا بد لي من وقفة أطلب فيها من القراء الأعزاء تزويدي بأسماء وسير حياة أي من مشاهير العلماء والذين تفتقت عبقريتهم في مثل هذا الوقت المتأخر من العمر⁽²⁾، كما لا بد من الإشارة إلى أن (ي.م.س. اندريد

(1) The Rumford Medal - وقد استحدثها العالم البريطاني [بنجامين تومبسون - Benjamin Thompson] والمعروف أيضاً بالكونت لفورد - في عام (1796) بترعه بمقدارها. وتمنحها (الجمعية الملكية) لأجل اكتشاف حديث هي أي من مجالات الحرارة أو البصريات للمادة. وتتضمن ميدالية مع مبلغ (1000) ألف باوند إنكليزي. (المترجم)

(2) نل في تاريخنا العربي والإسلامي الكثير مما يقال في هذا الشأن وما النافعة الذياني - فحل شعراء العرب - والذي نبغ في الشعر بعد الأربعين إلا مثالا واحداً نصيفه لما سبق. (المترجم).

(E.M.C.Andrade) و (ك. لونسديل K.Lonsdale) كانا قد أشارا إلى عين هذه الملاحظة في نعيهما المنشور لبراك في عام 1943).

امتازت حياته بالاستقرار المادي والوظيفي، فلقد تمكن من تسنم ذروة سلم التدرج العلمي الأكاديمي وبلغ أعلى مراتبه كأستاذ جامعي مرموق واكتفى بذلك وملاً الرضا نفسه فلم تبدر منه أي رغبة بالاهتمام فضلاً عن إجراء أي بحوث علمية أو تجارب مختبرية، ولكنه انبرى وبدون سابق إنذار لبحث علاقة (أشعة - إكس) وأهميتها في دراسة واكتشاف الأنظمة الذرية البلورية ورسم مخططاتها، ويكون بذلك قد عكف على دراسة تفاصيل موضوع واحد وركز كل وقته ومجهوده في نقطة فريدة حتى تمكن وخلال سنوات معدودة من صياغة اسمه وأحرف من ذهب على صفحات كل كتاب عني بالدراسة الجدية لمواضيع الفيزياء والكيمياء بكافة اختصاصاتها.

لقد تمكن عالمنا الفذ من إكمال كافة الدراسات الجوهرية وإنجاز كامل الأعمال العظيمة التي توضح طبيعة (أشعة - إكس) وتصرفاتها بحيث سيبقى اسمه مقروناً بها وإلى الأبد. ومما يستدعي الغرابة حقاً إمكاننا تلخيص سيرة حياته باختصار شديد وكأنه شخصية أسطورية بدأ حياته كشاب خجول ويافع مغمور لم يشعر ولو ليوم واحد بانتمائه الحقيقي لمنطقة كامبردج ولا لجامعتها... حتى أصبح بعد كهولته واحداً من أعظم الشخصيات العلمية المحبوبة منزلةً ومن أكثرها شهرةً في عموم بريطانيا.

شرع (براك - الأب) بتصميم وتنفيذ تجاربه في ربيع عام (1904) وابتدأ بدراسة قابلية امتصاص جزيئات ألفا (وهي أيونات غاز اليهيليوم ذوات الشحنة المزدوجة الموجبة) للأشعة السينية (X-Ray) واستمر في أبحاثه خلال السنتين الموالتين فغزر علمه وفاضت نتائجه حتى صار ينشر بحثاً فريداً أو مقالة جديدة كل بضعة أشهر. واستمر على ذلك المنوال حتى لمع نجمه واشتهر كباحث متميز مرموق في المجتمعات الفيزيائية والعلمية وذاع صيته في عالم ذاك الزمان. شهدت بدايات القرن العشرين وبالأخص العقد الأول منه نشاطاً علمياً واسعاً واستثنائياً لاكتشاف وتوصيف ودراسة الموجات الكهرومغناطيسية واعتقد العلماء بأن (أشعة - إكس) على



وجه الخصوص) لا بد وأن تكون شكلاً من أشكالها ويطول موجي قصير جداً يبلغ بضعة أجزاء من الإنكستروم⁽¹⁾ مما يجعلها أقصر بالطول الموجي من الضوء المرئي بحوالي ألف مرة⁽²⁾ ولكن هذه النظريات والأفكار كانت لا تزال بانتظار من يثبتها تجريبياً ويوثقها علمياً.. وهذا هو ما تم بالفعل عام (1912) حين استطاع (وليم لورنس براك - الابن) أن يضع البنية النهائية ومسك الختام في تفسير تصرفات تلك الموجات ولمختلف أوجه انتقالها وتصرفاتها، وذلك باقتراح التفسير الرياضي الأمثل للملاحظات والتجارب التي نشرها العديد من علماء الفيزياء وعلى رأسهم الفيزيائي الألماني [ماكس فون لو (Max Von Law 1879-1960)] وهو باعتبار (أشعة - إكس) شكلاً من أشكال الأشعة الكهرومغناطيسية والتي تتألف من موجات بمستويين أحدهما كهربائي والآخر مغناطيسي متعامدين على خط مسار الموجة.. وإن لهذه الموجة قابلية اختراق والانعكاس من على مختلف أسطح المستويات الذرية للكيانات البلورية للمواد المستعملة في دراستها، حتى توج أعماله باشتقاق قانونه الشهير والمعروف باسمه (كقانون براك) كما ذكر آنفاً، وهو:

$$n\lambda = 2d \sin(\theta).$$

قرأ (وليم لورنس - الابن) أعماله الرياضية واشتقاقه للقانون المعروف باسمه في ورقة أمام اجتماع موسع (لجمعية كامبردج الفلسفية) صباح يوم الحادي عشر من شهر (تشرين ثان) نوفمبر من عام (1912)، وتم نشر بحثه الموسوم (خصائص استطارة الموجات الكهرومغناطيسية القصيرة بواسطة النماذج البلورية للمواد المختلفة) في عام (1913) في دورية (مقدمات جمعية كامبردج الفلسفية). وإليك ما نقله عالم الأحياء الجزيئية [ماكس بروت (Max Perutz 1914-2002)] حول أهمية اكتشاف وسعة وآفاق تطبيق معادلة (وليم لورنس). في مقالاته الموسومة (السير لورنس براك):

(1) الإنكستروم: وحدة قياس تبلغ (10) إلى القوة (-8) من المتر أو (10) عشرة نانومترات. (المترجم)

(2) نتحسس العين البشرية للموجات الكهرومغناطيسية (كضوء مرئي) بطول موجي يتراوح بين (380-750 نانومتر) أي باندبة تتراوح بين (400-790 تيرا هرتز) وأفضل تحسس لها يقع بحدود (555 نانومتر وباندبة (540) تيرا هرتز (وهو نطاق اللون الأخضر). أما الأشعة السينية فيبلغ طولها الموجي مدى يتراوح بين (10 - 0.01) نانومتر. (المترجم).

((ما التفسير الحقيقي لمعجزة تمكن شاب لا يتجاوز الثانية والعشرين من عمره من وضع التصور العلمي الرياضي والتفسير المنطقي المقبول لتصرف غاذج الاستطارة والتي سبق التبوُّ بها من قبل أحد أفاض علماء الفيزياء النظرية وهو (ماكس فون لو- Maxvon Laue) والذي كان أول من اكتشفها منذ إحدى عشرة سنة خلت؟ لقد كان جواب براك نفسه مليئاً بالتواضع والحكمة فلم يزد في تفسيره لإنجازه على أن ذلك لم يكن سوى (تضافر موفق لمجموعة من الفرس المواتية)، ولكنك سرعان ما ستقتنع وبمجرد الفراغ من قراءة بحثه بأن الموضوع لا بد أن يتجاوز الحظوظ السعيدة والفرص المواتية بل ولا بد أن يعزى برمته إلى عبقرية (براك - الإبن) وتفكيره الثاقب الذي استطاع وببراعة مدهشة اختراق التعقيدات الظاهرية التي عادة ما تغلف الظواهر الفيزيائية والنفوذ إلى غور لبها الصافي الذي لا بد أن يُهر ببساطته كل من يوفق بالولوج إليه)).

لقد سبق (لفون لو) في عام (1912) أن تنبأ بضرورة تصرف المستويات البلورية كأشكال بأبعاد ثلاثية تعمل (كمحزز حيود) لاستطارة موجات (أشعة - إكس) المارة خلال المواد التي تحتويها، الأمر الذي سيولد غاذج استطارة مشابه لما يمكن الحصول عليه من إمرار الضوء المرئي خلال (محزز حيود) بصري. وكان لعبقرية (فون لو) هذا الفضل العظيم بتوفير الأدلة القاطعة حول الطبيعة الكهرومغناطيسية الموجية لأشعة - إكس⁽¹⁾ ومديات أطوالها الموجية، كما كان له سبق توفير الأدلة القاطعة حول الصفات الهندسية الفراغية للبلورات والتي كان لا بد عوجيها أن تُرص ذراتها في كيانات متكررة متمثلة ثلاثية الأبعاد.

ولكن من الجدير بالذكر - في المقابل - أن (براك - الإبن) كان أول من استطاع أن يتقدم باشتقاق رياضي سليم للقانون الذي يحكم تصرف تلك الموجات بتلك الصورة وبهذه الدقة، الأمر الذي أهله - إضافة إلى بقية أعماله في هذا الحقل - ليكون أصغر من تسنم منصة استلام (جائزة نوبل) على الإطلاق في العالم وذلك في عام (1914).

(1) والتي كانت قد اكتسبت اسمها أصلاً من الغموض الذي كان يلف طبيعتها قبل ذلك. المترجم.



راقب (وليم هنري - الأب) أعمال ولده باهتمام بالغ (لم يخل من الضغينة والحسد والغيرة والكمد!) ولكنه مع ذلك اجتهد حتى استطاع أن يقلب معادلته بحيث يمكن الحصول منها على الأبعاد الحقيقية التي تفصل المستويات البلورية الواحد منها عن الآخر وذلك باستعمال وتبسيط إشعاعات كهرومغناطيسية بأطوال موجية معلومة (d) على بلورات بعينها، كما طور أعماله حتى استطاع اختراع مطياف خاص (بأشعة-إكس) تمكن بواسطته من تحديد الأشكال البلورية والمواقع الدقيقة للذرات المكونة لمستويات العديد من المواد البلورية المعروفة آنذاك. إن ملخص ما توصل إليه الاثنان كان حقيقة وجوب وجود العديد من الانعكاسات الثانوية الإضافية المتأتية من ارتداد الأشعة الكهرومغناطيسية النافذة عن العديد من الأسطح والمستويات الذرية في أعماق البلورة خلافا لما كان يعتقد سابقا بأن انعكاس طاقة (أشعة - إكس) عن أي بلورة كان لا يتعدى حقيقة انعكاسه أو انعكاس جزء صغير منه من على سطح الطبقة البلورية الأولى منه فقط. أما طبيعة تصرف تلك الموجات المنعكسة عن المستويات الثانوية والثالثة وكونها تخضع لتداخل بناء أو هدام (الأمر الذي يزيد من شدة لمعانها أو يحد منه) فيعتمد كلية على المسار الفاصل بين الأسطح الذرية المكونة لمستويات نظامها البلوري ومقدار الطول الموجي للأشعة الساقطة عليها.

كتب (وليم لورنس - الابن) مقالا لتفسير مشاهدات (فون لو) نشر بتاريخ كانون ثاني (ديسمبر) من عام (1912) في مجلة (Nature) الشهيرة جاء فيه:

((بالإمكان تفسير ظهور البقع البراقة في مشاهدات (فون لو) والتي بينها في رسوماته للبلورات التي درسها بأنها عبارة عن أماكن الانعكاسات الجزئية لأشعة الضوء الساقطة على المستويات المتوازية للكيان البلوري والتي تشكل مواقع تقوضع مراكز الذرات المكونة لها، والتي لها الفضل في فصل الموجات الكهرومغناطيسية (الضوئية أو أشعة - إكس) المنعكسة عنها إلى مكونيها وهما مستوى الأمواج الكهربية المتعامد على مستوى الأمواج المغناطيسية والمتعامدان بدورهما على خط انتشارهما معا. وما هذا إلا أسلوب آخر لتفسير تصرف الاستطارة التي تمتاز به تلك البلورات، وما على

الباحث الجاد سوى تسليط أشعة - إكس المتولدة من أحد مصابيحها ولدقائق معدودة

على أي من البلورات المعروفة ليدرك معنى ما ذهبت إليه)).

اجتهد (وليم هنري - الأب) خلال الحرب العالمية الأولى وعمل جاهدا لاختراع جهاز الرادار المائي لقياس هدير وتحديد صدى محركات الغواصات الألمانية والذي مكن الحلفاء من وضع الاستراتيجية اللازمة لمقاومتها لأنها كانت قد استطاعت فعلا إنهاك الأسطول البريطاني بمهاجمته واصطياد وتدمير قطعه من الأعماق، واستمر اهتمامه بذلك إلى ما بعدها. عمل أيضا على تأسيس المدرسة العليا لأبحاث ودراسات التصوير البلوري في جامعة (كلية لندن) كما دأب على استنباط السبق والأساليب المبتكرة لغرض إيصال العلوم وتبسيط إنجازاتها وتوضيح أهميتها للعموم، ومما تفتق عنه ذهنه وأكسبه شهرة ذائعة هي مواصلته على إلقاء محاضراته السنوية للأطفال خلال إجازة أعياد الميلاد.

ولد (وليم لورنس - الابن) في مدينة (ادلدا - Adelaide) جنوب أستراليا ونشأ كطفل ممتاز. بمتهى الهدوء وشابه أباه في ولعه الشديد بالرياضيات ولكنه امتاز عنه بممارسة الهوايات الانفرادية كهواية جمع القواقع، وبما امتاز به من ذهن متفتح ونباهة شديدة ودقة ملاحظة فلقد استطاع أن يكشف نوعا جديدا من [Cuttlefish (a squidlike creature)] والذي أطلق عليه اسم (Sepia Braggi) تقديرا له، ورغم هدوئه الظاهر إلا أنه أبدى بعض الشطحات في طفولته منها حادثة سقوطه عن دراجته ذات العجلات الثلاث، ولما يتجاوز الخامسة من عمره حين كسرت ذراعه، ولقد شكلت هذه الحادثة مناسبة طيبة لوالده مكنته من أن يجرب عليه مفعول الأشعة الجديدة المجهولة والغريبة والتي سبق اكتشافها من قبل العالم رونتجن (Roentgen) منذ وقت قصير، فصور ذراعه المكسورة بواسطتها وبذلك دخل ذراع (وليم لورنس - الابن) التاريخ كأول استعمال سريري لتشخيص حالة طيبة في أستراليا. لقد أظهر الابن عند دخوله المدرسة ميلا فطريا لدراسة الرياضيات والنموغ فيها - كأبيه! مرت السنون وتعاقب الليل والنهار حتى جاء عام (1909) حين رحل (براك - الابن) إلى بريطانيا لإكمال تعليمه في (كلية ترينيتي - Trinity College) في (كمبردج -



(Cambridge) حيث حصل على منحة دراسية كبيرة لدراسة الرياضيات بعد أدائه امتحان المفاضلة واجتيازه على أتم وجه رغم إصابته بذات الرئة واضطراره على الإجابة عن أسئلة الامتحان وهو طريح الفراش. آنس والده فيه الأملية وانفتاح الذهن ورجاحة التفكير فناقش معه خلال عطلة صيف عام (1912) أفكاره وآراءه حول طبيعة الأشعة السينية (أشعة - إكس) وصفات استقطارها واستطاع أن يصمم معه بضعة تجارب مهمة ساعدت في تعميق فهم الابن لآراء وأفكار أبيه حول هذه الظاهرة الأمر الذي مكّنه فيما بعد من وضع ونشر معادلته الشهيرة (معادلة براك) والتي تفسر التصرف الزاوي لارتداد موجات (أشعة - إكس) بعد سقوطها على أسطح البلورات. وكما سبق توضيحه فإن كافة التجارب والتصاميم المخترية والتي استعملت فيها تلك المعادلة كانت تخص الأشعة السينية وتصرفاتها، إلا أن الواقع التجريبي أثبت صحة استخدامها لتفسير تصرفات كافة الموجات الكهرومغناطيسية الأخرى في تعاملها مع البلورات المختلفة. صمم الوالد (المطياف) الخاص بالأشعة السينية الأمر الذي مكّنها من تحديد وقياس أطوالها وسهل لهما مهمة الاعتكاف على دراستها بدقة معاً.

ومن محاسن الأقدار أن تربط الاهتمامات العلمية بين الوالد وابنه خصوصاً وقد أثبت الواقع تشابه الميول وتقارب الأمزجة حول مجمل الأفكار التي دارت حول مشروع دراستهما للأشعة السينية واستخداماتها لاكتشاف الأنظمة البلورية للمواد، فقد عكف الاثنان على قضاء إجازتهما معا واستنباط كل ما من شأنه تطوير بحثهما نحو تصور أفضل للبنية البلورية للعديد من المواد ومن بينها الماس. ولابد من الإشارة هنا إلى أن تقارب مشارب الرجلين وأفكارهما وحتى تجاربهما كان قد قاد البعض إلى الاعتقاد بأن (وليم هنري - الأب) كان هو الذي أوقد جذوة الاهتمام بالبحوث التي أدت إلى وضع (معادلة براك - عنوان هذا الفصل من الكتاب) الأمر الذي سبب الكثير من الحرج والإنزعاج لـ (وليم لورنس - الابن)، تجسدت بشيء من الضغينة وسوء الفهم بين الرجلين الأمر الذي سرعان ما ترك موقعه الأليم في قلب الابن على أبيه، وفي قلب الأب على ابنه على الأخص حيث لاحظ الأب شعور الفرح الغامر والاعتزاز الكامل اللذان غمرا ابنه بعد أن أصبح أول شخص يتم ترشيحه وينال بالفعل (جائزة نوبل) في الفيزياء

ولما يتجاوز الخامسة والعشرين من عمره. ولكن التاريخ كان قد ذكر لنا أيضاً وعلى عكس الرأي السابق الكثير من المشاهدات والأحداث التي كانت تدل وبوضوح على الانسجام التام والاهتمام المشترك بين الرجلين والذي كان في الواقع مصدر سعادة لكليهما معا...

عكف الاثنان خلال السنتين الموالتين، وظافرا جهودهما في مجال تطبيقات الأشعة السينية في حقل بحوث التراكيب البلورية للمواد حتى توجت بنشرهما مشتركين في عام (1915) لكتابهما الشهير (الأشعة السينية والكيان البلوري للمواد).

تزوج الابن عام (1921) من كريمة أحد الأطباء وعاشا بسعادة حتى أنجبا أربعة أطفال، أما الأب فقد حصل خلال الحرب العالمية الأولى على عقد عمل للتعاون مع الجيش البريطاني لأجل تطوير طرق الاستفادة من رصد أصوات مدفعية الأعداء في تعيين بعدها الفاصل في الميدان عن قواتهم الصديقة، وأهم ما شغله (وليم هنري - الأب) من مناصب بعد ذلك كان إدارته للمختبر البريطاني الوطني لبحوث الفيزياء. وفي عام (1914)، ولما وضعت الحرب أوزارها اتفق العالمان على وضع نهاية لجهودهما المشتركة في مجال البحث العلمي، وتعاهدا على مواصلة تخصصهما كل على حدة وذلك بالتركيز والعمل والبحث منفردين كل في جانب مختلف من جوانب دراسة التركيب البلوري للمواد، فعكف (وليم لورنس - الابن) على دراسة المركبات غير العضوية والفلزات وبلورات السلوكيات على أن ينفرّد (وليم هنري - الأب) بدراسة التراكيب البلورية للمواد العضوية. صمد الاتفاق ومرت الأيام حتى انحاز اهتمام الابن بسرعة إلى دراسة المواد العضوية (حقل اهتمام أبيه) بعد أن انتقل هذا الأخير إلى جوار ربه. ولعل مصدر شغف الابن بحقل اختصاص أبيه يعود أصلا إلى التحديات والإثارة التي كانت تشكلها استخدامات الأشعة السينية لوضع التصور البلوري للمواد الحيوية بجزئياتها العملاقة. ومن دراساته في هذا المجال تمكنه من المشاركة في بحوث تحديد طور العلاقة بين انعكاسات الأشعة السينية من جزيئات مادة (الهيموغلوبين) الناقلة للأكسجين في جسم الإنسان بعد بلورتها. وأثبت منحاه صحته حينما استطاع (فيما بعد) مجموعة من علماء معهد بريطانيا العظمى الملكي (ومقره لندن) من لعب الأدوار الرئيسية في



وضع شكلي الكيان البلوري لمركبي (الهيموغلوبين والمايو غلوبين) واللذين كانا أول مادتين زلالتين يتم تحديد شكلهما البلوري باستخدام تقنية تصوير البلورات بواسطة الأشعة السينية. لعب (وليم لورنس - الابن) دوراً فريداً مهماً في مسيرة الإعلان عن اكتشاف التركيب الجزيئي للمادة الوراثية المعروفة باسم (الحمض النووي الثنائي DNA) وذلك من خلال الدعم اللامحدود والإرشاد المخلص الذي وفره شخصياً لكل من [فرانسيس كريك (Francis Crick 1916-2004)] و [جيمس د. واتسون ولد عام 1928 James D. Watson] واللذين عملتا تحت إشرافه في مختبرات (كافندش). وأدرك كذلك أهمية ومسؤولية نشر العلم ولا سيما مبادئه الأساسية لدى طلاب المدارس، فأصر على ضرورة حصولهم، وفي مختلف مراحلهم الدراسية على التعليم العلمي العام، مفهوماً واسعاً وعدم اختصار أساليب التدريس على مواضيع الاختصاص الضيقة والتي سوف لن تمكنهم من التمتع باكتشاف مكان الروعة والإعجاز فيما يحيط بهم من موجودات. وبناءً على ذلك وفي عام (1954) وعندما استلم مهامه كمدير للمعهد الملكي للعلوم (وهو المنصب الذي خلف فيه والده) كان سباقاً في تقديم اقتراحاته والعمل بجهد على نشر العلوم المبسطة والجذابة بأسلوب شيق على مستوى العامة فشمّل المجتمع بكافة طبقاته. كما عمل على استحداث سلسلة من المحاضرات العلمية المشوقة لطلاب المدارس، ولقد أثبت الواقع نجاح فكرته المنقطع النظير والذي انعكس بشكل إقبال الآلاف من أطفال المدارس وبسعادة غامرة على حضور تلك المحاضرات على مر السنين. عشق (وليم لورنس - الابن) هواية البستنة وشغف بها طوال حياته ولكنه افتقد - حين قرر الانتقال لرئاسة المعهد الملكي في لندن - الحصول على حديقة خاصة مناسبة يمارس فيها هوايته إلى الدرجة التي قرر معها العمل ولبضع ساعات يومياً كبستاني أجير في حدائق من يرغب في ذلك. ولا تتصور مقدار دهشة أحد مالكي القصور حينما علم بشهره (البستاني) الذي يعمل عنده ومركزه العلمي المرموق حينما صرخ أحد ضيوفه بذهول تام حينما رأى وليم لورنس (العالم الجليل) عاكفاً على تهذيب حديقة قصر مضيفه.

كتب بروت (Perutz) في وصف شخصية (وليم لورنس - الابن) ما يلي:

((كثيراً ما يصعب التعايش والتعامل مع عباقرة العلوم والفنون بالنظر للخصوصية التي غالباً ما تطبع شخصياتهم... ولكن الحياة السعيدة الهائلة والروح المتوازنة المرحية التي رافقت عبقرية (وليم لورنس) الخلاقة، جعلته شخصية فذة من طراز فريد، فإذا ما صادف مرورك أمام بيته فإنك غالباً ما ستلاحظه مهتماً بحديقته وأزهارها وبجواره زوجته وأولاده، وأحفاده، يلعبون حوله، أما إذا ما صادف أن جمعتك به فرصة لإنجاز عمل أو لمناقشة بحث فإنك ولا شك سوف تعجب بأسلوبه الرشيق في عرض آخر ما أنتجته حديقته من أزهار عليك وإهدائك أجمل غماذجه قبل الشروع في مناقشة ما جئت لأجمله!، ولقد اشتهر بين أقرانه وبين كافة أفراد الجيل الذي عايشه بقابليته الفذة على استخلاص المتعة والبهجة مما يعرضه عليك من علوم.

ولعل في تضافر طاقاته الهائلة واستيعابه الغريب لمختلف العلوم وموهبته الفذة في تبسيطها، إضافة إلى اهتمامه الشديد ولعه بإيصالها إلى مستمعيه برشاقة ووضوح وما تمتع به من لطف المحيا وحسن الطلعة وجمال الخلق وسحر الجاذبية مقرونة باستخدامه الرشيق لتوضيحاته التصويرية وإيماءاته اليدوية، الأثر البالغ في اعتباره أحد أفضل محاضري مواد العلوم الذي شهدهم التاريخ آنئذ وإلى يومنا هذا)).

تضمن نعي كل من اندراد (Andrade) ولونسديل (Lonsdale) (وليم هنري - الأب) الإشارات الواضحة لأهمية عمل الرجلين وتأثيرهما على مسار العلم فبعد مقدمة مؤثرة استطرذا قائلين: لقد وضعت أبحاث وأعمال (وليم هنري براك - الأب) ما بين عامي (1913-1914) اللبنة الأساسية لإيجاد أحد أهم فروع العلوم الفيزيائية التجريبية تأثيراً عليها، ألا وهو علم التحليل ووضع التصورات العالمية لبناء الكيانات البلورية للمواد باستخدام الأشعة السينية. فإذا ما سلمنا بإيجاز فضل اكتشاف مبادئ وأسس فهم التصرف الموجي للأشعة السينية وإمالة اللثام عن خصائصها إلى (فون لو - Von Laue) ومساعدوه، فلا بد لنا من التسليم بأن الفضل يعود كاملاً (لهنري - الأب ولورنس - الابن) في استخداماتها ووضع الأسس العلمية لتطبيقاتها لإنشاء العلم الخاص بسير أغوار تراكيب المواد البلورية ووضع مخططاتها.



مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Andrade, E. N. C., and K. Lonsdale, "William Henry Bragg, 1862-1942," *Obituary Notices of Fellows of the Royal Society*, 4(12): 276-300, November 1943; Reprinted in P. P. Ewald, *Fifty Years of X-Ray Diffraction* (New York: Springer, 1962); see www.iucr.org/iucr-top/publ/50YearsOfXrayDiffraction/.

Bragg, William Henry, "X-rays and Crystals," *Nature*, 90: 219 and 360-361, 1912.

Bragg, William Lawrence, "The Specular Reflection of X-rays," *Nature*, 90: 410, 1912.

Clark, Ronald, *Einstein: The Life and Times* (New York: HarperCollins, 1984).

Bragg, William Henry, *The World of Sound, Six Lectures Delivered before a Juvenile Auditory at the Royal Institution, Christmas, 1919* (London: Bell, 1921).

Forman, Paul, "William Lawrence Bragg," in *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Gillispie, editor-in-chief (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).

Hunter, G. K., *Light Is a Messenger - the Life and Science of William Lawrence Bragg* (New York: Oxford University Press, 2004).

North, Anthony C. T., "Book Review: *Light Is a Messenger*," *Acta Crystallographica Section A: Foundations of Crystallography*, 61: 262-264, March 2005; see journals.iucr.org/a/issues/2005/02/00/pf0015/pf0015bdy.html

Perutz, M. F., "Sir Lawrence Bragg," in *A Hundred Years and More of Cambridge Physics* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Physics Society, 1974; reprinted 1995); see www.phy.cam.ac.uk/cavendish/history/years/bragg.

"Sir William Henry Bragg": see www.nobel-winners.com/Physics/william_henry_bragg.html.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- لا يعيش الرياضي (من الناحية الإبداعية) طويلاً. فمن لم يبدع قبل بلوغه الخامسة والعشرين أو الثلاثين (على أبعد تقدير) منهم، فلن يبدع بعد ذلك أبداً. ومن لم ينتج بوضع بصمته عند ذلك العمر فمن النادر أن يضعها فيما بعد.

ادلر

Alfred Adler, (Mathematics and Creativity), New Yorker Magazine, 1972.

مقتطف من مقالاته (الرياضيات والإبداع) في مجلة (النيويورك).

- لم نكن لنستطيع التعرف على منطق قوانين الفيزياء واكتشافاتها لولا دقة التنظيم الذي جبلت عليه

الأحداث والملاحظات التي تصفها. ولولا دقة تنظيم تلك القوانين ذاتها لما تمكنا أصلاً من اكتشافها.

بومان

Gerd Baumann, *Symmetry Analysis of Differential Equations with Mathematics*, 2000

مقتطف من كتابه (التحليل التماثلي لمعادلات التفاضل مع الرياضيات).

– هل من المستبعد ألا تكون كافة قوانين الفيزياء التي وضعناها أو التي سنكتشفها لاحقا إلا نسجا محضا من صنع الخيال؟ وأن كل ما نتخيله من نظام فيها ما هو إلا شكل من أشكال الفوضى العامة والاستقلالية المطلقة التي تقود إلى الرتابة في التوقعات؟

بارو

John D. Barrow. The Universe That Discovered Itself

مقتطف من كتابه (الكون الذي اكتشف ذاته).

– لا يمكننا اعتبار قوانين الطبيعة سوى مقاربات وعموميات نصف عن طريقها تصرفاتها. لقد وجدت (القوانين) أصلا بوجود الظواهر والأحداث ولم يتم (وضعها) من قبل مكتشفها. فلا يعتبر (القانون) اختراعا وإنما يعتبر اكتشافا لسبب بسيط هو (خلو) قوانين الفيزياء من (إمكانية) تشغيل الكون وإدارته فيدار، وافتقادها (لسلطة) إملاتها عليه تصرفاته فيطيع. يقتصر عمل القوانين على (وصف) المشاهدات والأحداث بمعنى أنها لا تفسر حقيقة وإنما تصف واقع ما يحدث، (فيصف) واضعو القوانين الفيزيائية – ونيوتن منهم على سبيل المثال – (قانون الجاذبية) ولا يضعون بالحقيقة (نظرية في الجاذبية). تمتاز النظرية بأنها (اختراع) وليست اكتشاف كما يمتاز القانون بأنه (اكتشاف) وليس اختراع. أما الحقيقة التي ستظل خالدة فهي أنك بوضعك لقانون ما فإنك إنما تضع صيغة معينة لا تمثل إلا تطبيقا محدودا له ومقاربة نسبية يمكن استيعابها ضمن صيغة (أعم) وقانون (أصح) قد يُكتشف فيما بعد وهذا لا يعني أبدا أن الصيغة التقريبية الأولى كانت خاطئة. فلا يمكن اعتبار القيمة المكتوبة لباي (π) 3.14 قيمة خاطئة، ولكننا بالتأكيد يمكننا اعتبارها قيمة أقل دقة (من الناحية الرياضية) لقيمة أخرى له ولتكن على سبيل المثال تساوي (3.14159).

برجمن

William T. Bridgmann, (The Cosmos in Your Pocket, How Cosmological Science Became Earth Technology).

مقتطف من كتابه (الكون في حوزتك).



مبدأ الشك لهيزنبرك

HEISENBERG'S UNCERTAINTY PRINCIPLE

ألمانيا (1927) 

: لا يمكن معرفة موقع جسيم ما وتحديد إزاحته بنفس الدقة المطلوبة في عين الوقت، أي أن الإمكان في دقة قياس الموقع، لا بد وأن يؤثر سلباً على دقة قياس العزم وبالعكس.
من أحداث عام (1927):

- تمكن المخترع الأمريكي فيلو فرانسورث (Philo Fransworth) من بث أول الصور التلفزيونية التجريبية عبر الأثير.
- تم تأسيس أول أكاديمية للعلوم وفنون الصور المتحركة.
- تأكدت تجريبياً فرضية العالم الفيزيائي الفرنسي لوي دو بروكلي (Louis de Broglie) القائلة بإمكانية اكتساب الجسيمات ما دون الذرية لصفات موجية.

نص القانون وشرحه:

ينص قانون الشك (لهيزنبرك) على استحالة الحصول على القياسات الدقيقة لبعض أزواج القيم الفيزيائية لجسيم واحد. ولعل التمثيل الرياضي الأفضل لهذا المبدأ هو العلاقة بين الموقع (x) والعزم (p) في الفراغ وكما يلي:

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$$

حيث Δx تمثل مقدار الشك في قياسات المكان.

و Δp تمثل مقدار الشك في قياسات العزم.

و \hbar هو ثابت بلانك المعدل ويساوي $(h/2\pi)$.

وبما أن المتغيرة أعلاه تمثل علاقة عكسية بين كل من (Δx) و (Δp) (وهما قيمتان حقيقتان حاصل ضربهما ثابت) فمن الواضح أن نفهم بأنه كلما صغرت قيمة (Δx) -

بمعنى كلما أمعنا في دقة قياس موقع جسيم ما - كلما زادت قيمة (Δp) ، بمعنى زيادة قيمة الشك في قياس عزمه، تذكر أن المقصود بعزم جسيم ما هو حاصل ضرب كتلته في إزاحته).
 آمن أكثر العلماء (قبل اكتشاف مبدأ الشك هذا) بإمكانية زيادة دقة قياس أي وحدة فيزيائية بمجرد زيادة كفاءة قياس (الواسطة) أو الآلة التي يتم بها ذلك القياس وأن أي قصور في ذلك القياس، ما هو - بالحقيقة - إلا قصور قابل للإصلاح والتحسين في دقة آلة قياسه. ولكن بوضع (هايزنبرك) لتغيرته السابقة أثبت بما لا يقبل الشك أنه حتى لو استطعنا صنع آلة القياس (الخيالية) اللامتناهية في قابلية قياسها للقيم الفيزيائية، فإننا سوف نصطدم بحقيقة استحالة قياس موقع وعزم جسيم ما في آن واحد وبالدقة النهائية المتبتغة. وذلك لأن موضوعه تدل بوضوح على أن حاصل ضرب قيمتي الشك للحدين (الموقع والعزم) لابد لها أن تساوي أو أن تفوق القيمة الحقيقية (10) المرفوعة إلى الأس السالب 35 جول. ثانية) [وهي قيمة نصف ثابت بلانك المعدل \hbar].
 ولكن مما يجدر الإشارة إليه هنا: هو أن تأثيرات مبدأ الشك هذا لا تظهر في قياسات الحياة اليومية الاعتيادية وعلى المستوى (المacroي - الكبير) وإنما تظهر جلية كلما أمعنا في قياس مواقع وعزوم الجسيمات الدقيقة من الفئات النرية وما دون النرية، أي على المستوى (المicroي - الدقيق).
 لقد اعتقد بعض الكتاب (خطأ) بأن المقصود بمبدأ الشك هذا قد ينطبق عليه (ذاته). بمعنى أن ابتغاء الدقة في قياس موقع جسيم ما قد يؤثر عليه (ويغير) من عزمه. ونؤكد هنا أنه لا صحة لمثل هذا الاعتقاد ولا صحة لتفسير (مبدأ هايزنبرك) بهذه الصورة، كما نؤكد مرة أخرى على أنه بإمكاننا الإيمعان في دقة قياس موقع جسيم ما ولكن النتيجة المتوقعة ستكون فقداننا لدقة قياس عزمه.
 ويمكن تأكيد صحة تطبيق مبدأ الشك هذا على قياسات ثنائية [الطاقة (E) والزمن (t)]،

والذي يعبر عنه رياضياً بما يلي

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

و نعني بـ (ΔE) هنا: مقدار الشك في علمنا بمقدار الطاقة التي يحملها جسيم ما.
 و بـ (Δt) : مقدار الشك في علمنا بفرق الزمن اللازم لذلك الجسيم للحصول على تلك الطاقة.
 كما ويمكن أن نعني بـ Δt : مقدار الشك في فرق الزمن اللازم لأداء ذلك القياس.



وعلى الرغم من تمكن (هايزنبرك) من ابتكار مبدأ الشك في قياس ثنائيات (المواقع والعزوم) في عام (1927)، إلا أنه كان على العالم أن ينتظر حتى عام (1945) ليتمكن كل من العالمين الروسيين [ليونيد ماندلشتام (1879-1944) Leonid Mandelshtam] و [إيكور تام (1895-1971) Igor Tamim] من إثبات حقيقة الشك في علاقة ثنائية (الطاقة بالزمن). أما من وجهة نظر العلماء المؤمنين بتفسير (كوبنهاكن) لنظرية ميكانيكا الكم فإن ما يعينه (مبدأ شك هايزنبرك) هنا هو أن كوننا هذا (بما فيه عالمنا الذي نعيش فيه) لا يتمثل بوجود حقيقي ثابت وإنما بوجود احتمالي متغير مفترض ضمن سلسلة طويلة (وقد تكون لا نهائية) من الاحتمالات المتغيرة المفترضة! وعلى نفس المنوال لا يمكننا التنبؤ قط (ولا حتى بالصورة النظرية) باتجاه سير أحد الجسيمات ما دون الذرية (كالفوتون مثلاً) مهما أوغلنا في دقة محاولة ذلك ولا حتى باستعمال آلات القياس الافتراضية اللامتناهية في دقتها.

للفضوليين فقط:

- لعلك تتذكر المسلسل التلفزيوني الشهير (ستار ترك Star Track)⁽¹⁾ وقابلية أبطاله على الانتقال عبر الأزمنة والأمكنة بواسطة (جهاز النقل) المزود (بمصحح هايزنبرك Heisenberg Compensator) والأخير عبارة عن جهاز ملحق بجهاز النقل ليصحح ما يمكن أن يؤول إليه تحقيق (مبدأ شك هايزنبرك) من اختلال في دقة قياس الطاقة والزمان والعزوم والمكان، والذي بدونه ما كان ليتمكن التفكير بجهاز النقل هذا حتى ولو من الناحية النظرية البحتة!⁽²⁾
- وفي علوم الحاسبات يعرف (الهايزنبرك) بأنه عبارة عن زيغ برمجي يختفي حالاً أو يغير قيمته

(1) STAR TREK - مسلسل تلفزيوني من بطولة ولیم شاتنر (كاس كيرك) وليونارد نيموي (مستر سبوك) والذي أعجبت به كثيراً في صباي (المترجم).

(2) يعمل (الجهاز الناقل) على ظهر سفينة الفضاء (الأتربرايز) على بعثرة كافة الذرات والجسيمات ما دون الذرية للأشخاص المراد نقلهم عبر الزمان والمكان - بعد قياس مواقعها وعزومها - (بالدقة اللامتناهية المستحيلة واقعيًا) والممكنة (خياليًا) باستخدام ملحق (مصحح هايزنبرك) وإعادة تشكيلها بشرياً في المكان والزمان المراد لها بلوغه (المترجم).

بمجرد محاولة أي شخص تحديده شكله أو قيمته أو محاولة التعرف عليه أو فصله بصورة أدق.

- وأخيرا اعلك تتمتع - مثلي - بأشهر فكاهاة تخص (مبدأ هايزنبرك) والمنشورة على الشبكة العنكبوتية والتي تصور شرطي المرور وهو يوقف (هايزنبرك) ليحرر له مخالفة تجاوز السرعة المقررة على الطريق السريع فيبادر الشرطي بسؤاله (هل تعلم مقدار السرعة الهائلة التي كنت تقود بها سيارتك؟ فيجيب هايزنبرك بدهشة: لا! ولكنني أعلم بالضبط أين أقف الآن).

أقوال مأثورة:

- لا يختلف اثنان حول حقيقة التسليم باقتصار وجود المعنى الفيزيائي الحقيقي على القيم التي يمكننا قياسها فعلا. بمعنى أننا لو استطعنا اختراع ذلك (المجهر) الحارق والذي سيمكننا من مراقبة الإلكترون دائرا في مداره حول نواة الذرة لأدركنا بذلك (حقيقة) وجوده في مداره ذاك، ولأنا بحقيقة ومعنى وجود تلك المدارات. ولكن بتمكننا رياضيا ومنطقيا من إثبات استحالة القيام بمثل تلك المراقبة حتى ولو بلغنا الإمكانية التقنية لا اختراع وبناء مثل ذلك المجهر العظيم (وهذا هو جوهر ما ينص عليه مبدأ الشك لهايزنبرك!)، لذلك لا بد لنا من الاعتراف بأن لا وجود لمثل تلك المدارات بالمفهوم الفيزيائي الدقيق.

هايدي ورزنك

David Halliday and Robert Resnick. (Physics).

مقتطف من كتابهما (الفيزياء).

- لعلي سأركز أبحاثي وجهودي وتفكيري من أجل إسقاط فكرة المسار المداري للإلكترون حول نواة الذرة وإبدالها بمفهوم أكثر دقة بالنظر لاستحالة إدراكنا لذلك المسار لا من الناحية العملية، ولا من الناحية الرياضية!.

هايزنبرك

Werner Heisenborg. 1925 letter to Wolfgang Pauli. -

من رسالة له إلى صديقه (ولف كانك بولي).



- لي الشرف أن أعترف بتعلمي التفاؤل من (سومرفيلد Sommerfeld) والرياضيات في معهد (كوتنكن Gottingen) والفيزياء الحقة من (بور Bohn).

هيزنبرك

Werner Heisenberg, quoted in Laurie M. Brown, (Abraham Pais, and A.B.Pippard, Twentieth Century Physics).

مقتطف من قوله المنقول في كتاب (فيزياء القرن العشرين) للوري براون.

- لا يمكنني اعتبار (مبدأ الشك) فكرة فلسفية محضة نسجها الخيال، بل على العكس من ذلك تماماً فإن (لمبدأ هيزنبرك) منتهى الإمكانية للتنبؤ بصفات الإلكترون وتصرفاته. من المعلوم أن حركة الإلكترونات في انتقالها من مدار إلى آخر.. وبالتالي من مجال طاقة إلى آخر حول النواة لا تتسم في تصرفاتها بالانسيابية والتدرج وإنما دائماً بالمفاجأة والآنية ولذلك فإنها لا يمكنها تحقيق ذاتها إلا إذا أهملت فكرة الدقة في مقدار الطاقة التي تمتلكها. إن في التأثير النفقي (Tunneling Effect) أنف الذكر يكمن السر في إمكانية حدوث التفاعلات النووية التي تزود الشمس بطاقتها، كما يكمن فيه أيضاً إمكانية حدوث العديد من التفاعلات الأخرى في الطبيعة أو في المختبر. لقد استطاع العلماء بالفعل فهم والاستفادة من مثل تلك الخواص الغريبة والصعبة الإدراك في عالمنا الاعتيادي واخضاعها للتطبيق العملي واستخدام الكثير منها في التطبيقات الإلكترونية والميكروية الدقيقة.

كاسيدي

David Cassidy, (Werner Heisenberg and the Uncertainty Principle).

مقتطف من كتابه (وارنر هيزنبرك ومبدأ الشك).

- كلما أمعنت بالتفكير في الجانب الفيزيائي لنظرية شرودنكر (Schrodinger) محاولاً فهمها، كلما أدركت صعوبة إدراك ذلك على الفكر السليم، فكل ما كتبه حول إمكانية تصور نظريته كان غير صحيح وبعبارة أخرى فإني لا أستطيع أن أصف نظريته إلا بالسخافة.

هيزنبرك

Werner Heisenberg, 1929 letter to Wolfgang Pauli

من رسالة له إلى صديقه (ولف كانك بولي).

- في ذات ليلة مقمرة حاملة أخذني زوجي للتمتع بنزهة جميلة على سفوح جبل هاينبرك (Hainberg) جوار مدينة (كوتنكن - Gottingen). لم أتفاجأ ومنذ البداية بتشرب كامل كيانه وفكره بنظرته الوليدة ونظريته الجديدة للمادة والذرة، فلقد كانت ثقته بما توصل إليه عظيمة وإيمانه بمستقبلها يشع كهالة براققة لا يمكن تجاهلها من حوله! قضينا الأمسية بسعادة بالغة، هو يضم يدي بيده وأنا أراه يحاول جهده لتفسيرها وتقريبها لذهني مبينا معجزة التناظر في بناء الكون وشارحا لي دقته وتناغم مكوناته متمنيا من صميم قلبه أن يُمكنني من رؤية جمال البساطة في معمار الوجود بعينه التي يراه بها، محاولا جهده إشراكي في شرب كأس (الحقيقة) والانتشاء بها بنفس الروعة التي أذكرها بفكرة واستوعبها بذهنه الثاقب. أحبيته منذ تلك اللحظة كما لم أحبه من قبل وذابت مشاعري في همسات مشاعره. الحق والحق يقال.. لقد كانت ليلة من ليالي العمر! لقد كانت ليلة لا تنسى!

السيدة هيزنبرك

Elisabeth Heisenberg, (Inner Exile)

من كتابها (الإفصاح عن المكتنون).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

[ورنر كارل هيزنبرك (1901-1976) Werner Karl Heisenberg] فيزيائي ألماني اشتهر بإيجاده لأسس ميكانيكا الكم ومبدأ الشك المعروف باسمه، ولد في مدينة ورزبرك (Wurzburg) بألمانيا لأب اعتنق المذهب اللوثيري الانجليكاني الكاثولوكي⁽¹⁾ واشتغل كمدرس للغات الكلاسيكية القديمة. أدار الأب عائلته بأسلوب تسلطي ديني صارم، إلا أنه اعترف سرا فيما بعد وكذلك زوجته بعدم تدينهما أو إيمانهما بأي قوى (ما فوق الطبيعة) تدير الكون وبأنهما مارسا القيم والتعاليم المسيحية كأسلوب حياة ليس إلا.

برع (هيزنبرك) خلال سنين دراسته الابتدائية والإعدادية بالعديد من المواد والمواضيع وعلى رأسها الرياضيات والفيزياء والدين واستطاع أن يحصل دائما على المعدلات الممتازة في

(1) وهو المذهب الكاثولوكي تعاليمه المتنافذة حسب ما جاء به القيسي لوثر في القرن السادس عشر ويُلخص ثلاث نقاط أساسية هي: - 1 الله مصادر الرحمة - 2 المسيح هو المخلص - 3 الكتاب المقدس هو دستور التعاليم. (المترجم).



جميع مراحل التعليم. لقد وصفه أحد أساتذته بأنه (التلميذ الذي يمتلك الذكاء المتوقع والذهن المتفتح مع ميول بينة نحو المواضيع العلمية والمنطقية، وبدرجة أكثر من ميوله نحو المواضيع اللاهوتية والدينية والماورائية). مارس (هيزنبرك) الشطرنج وبرع فيه كما بحث عن، وقرأ العديد من كتب الرياضيات وحاول أن يثبت نظرية (فرمات - Fermat)⁽¹⁾ بعد انتهائه من دراسة أحد الكتب المتقدمة في نظرية الأرقام، كما استثمر قابلياته الذهنية في فهم الرياضيات والتمتع بها لتعليم نفسه موضوع حساب التفاضل والتكامل ذاتيا حيث برع وأبدع بهما بعد أن طلب منه والداه الإشراف على تدريسهما لإحدى طالبات الكلية في قسم الرياضيات ومساعدتها لاجتياز امتحانها النهائي فيهما. كان والده، وكما أسلفنا أستاذا قاسيا شديد المراس أبدي الكثير من القلق لملاحظته ولده وقد انجرف في دراسة الرياضيات وشغف بمواضيعها وخشي عليه من التكاسل وإهمال دراساته اللاتينية واللاهوتية المقررة عليه، فعمد إلى شراء العديد من كتب الرياضيات القديمة والمكتوبة باللغة اللاتينية وأهداها لولده علنه ينحاز بقراءتها إلى اللغة (الأثيرة) فيضرب بذلك الأب عصفورين بحجر!

شرع (هيزنبرك) في عام (1920) مع زميله [ولفكانك باولي - Wolfgang Pauli (1900-1958)] بدراسة الفيزياء النظرية تحت إشراف مدرسهما المشترك (ارنولد سومرفلد - Arnold Sommerfeld) في جامعة (ميونخ). أما عن دراسته وحياته في تلك الحقبة فقد كتب (هيزنبرك) في كتابه الموسوم (الفيزياء وما بعدها - آراء وأحاديث) ما يلي:

(1) هو [بيير فرمات (1601-1665)]، محام فرنسي في برلمان مدينة تولوز (Toulouse) وهاو للرياضيات يعود له فضل ابتكار حساب التفاضل والتكامل، كما ينسب إليه ابتكاره لطريقة حساب النهاية الكبرى والصغرى لمعامل ص في (س، ص) للمنحنيات. وهو ما يعرف اليوم بحساب التفاضل، كما بحث في نظرية الأرقام وكانت له مشاركاته في (الهندسة التحليلية) و (الاحتمالات) و (علوم البصريات)، وخير ما عرف به هو (نظريته الأخيرة - Fermat's Last Theorem) والتي تنص على أن في $[a^n + b^n = c^n]$ لا بد أن يكون $(n > 2)$ إذا $(0 < c, b, a)$. وقد ذكرها على حاشية نسخته من كتاب (دايوفانتس أرثمتيكا - Diophantus Arthmetica)، وهذا له العديد من النظريات الأخرى التي عرفت باسمه (كالنظرية الصغيرة) ونظريته (لحاصل جمع مربعين)، ونظريته في (النقاط الثابتة) والمبدأ المعروف باسمه ونظريته في (أعداد المصطلحات). (المترجم).

((لعلي أدرك الآن - ولا أبالغ إن قلت - إن السنتين الأوليين اللتين كنت قد قضيتهما في جامعة كمبودج) كانتا موزعتين بين عالين مختلفين بل بين حياتين متناقضتين، حياة كنت أعيشها بكل تفاصيلها مع أصدقائي من التلاميذ الشباب في (حركة الشبيبة)، وحياة النسك العلمي المتفرد في مملكتي المجردة للفيزياء النظرية. لقد شدني كلا العالمين إليه واستمتعت أشد الاستمتاع بهما وبما ملأهما من فعاليات مكثفة وأنشطة جذابة (رغم تناقضها!) إلى الحد الذي أوصلني معه إلى حالة من النشاط والتهيج والانبهار المستمرين، كانت تزداد حدة «ودهشة» وإثارة كلما شعرت بشدة الضغط وبصعوبة الانتقال من أحد ذلك العالمين إلى الآخر!)).

لقد كانت لحادثة حصوله على إجازة الدكتوراة قصة غريبة حقاً لا تقل في غرابتها عن سيرة حياة هذا الفيزيائي الفذ، فلقد أنجز (هيزنبرك) وبفضل عبقريته في الرياضيات أطروحته التي قبلت عام (1923) تحت عنوان (حول الاستقرار والدوران في جريان الموائع) بثلاث سنوات فقط بدل أربع ولم تتجاوز عدد صفحاتها الـ (59) ورقة، وكانت عبارة عن مجموعة معقدة من الحسابات الدقيقة تركزت حول تحليل التحديات التي جابهت العلماء في فهم الطبيعة الدقيقة لتحول الموائع في جريانها من حالتها المنتظمة والمسمات (بالجريان الطبقي المنتظم - Lammilar Flow) إلى حالة (الدوران وتكوين التيارات الدائرية والدوامات - Turbulent Flow). لقد كان حل مثل ذلك التحدي صعباً جداً من الناحية الرياضية والفنية إلى الدرجة التي جعلت أستاذه (سومرفلد) يقر بأنه: (لم يكن ليقترح موضوعاً بمثل تلك الصعوبة الرياضية والدقة التقنية على أي من تلامذته الآخرين خصوصاً إذا كان موضوعاً لنيل شهادة الدكتوراه).

ولعل في تطرف (هيزنبرك) وميله الشديد وولعه البالغ بالجانب النظري وتفضيله إياه دائماً على الجانب العملي مثل آخر على سلبية فقدانه للتوازن بين أفكاره النظرية والدراسة التطبيقية العملية الضرورية لإثبات الأفكار والنظريات في مواضيع الفيزياء، فلقد أوشك منحاه ذاك أن يؤدي به إلى النهاية المدمرة لمستقبله العلمي والوظيفي وبصورة مأساوية. كان



ذلك في عام (1923) عندما تقدم بطلب الاعتراف وتعضيد أطروحته إلى أربعة من كبار أساتذة الفيزياء آنذاك. يصف بيتر مور (Peter Moore) في كتابه $E = mc^2$: الأفكار العظيمة التي شكلت العالم المعضلة التي مر بها (هيزنبرك) وما أذكت أطروحته من صراع بين أساتذته بما يلي:

((عند مناقشة أطروحته سأله أستاذه (سومرفلد) بضعة أسئلة في مجال الرياضيات النظرية والتي أجاب عنها بسهولة ويسر، أما - ولهلم وين (Wilhelm Wein) - راجع قانون إزاحة وين صفحة (839) - فقد أظهر في أسئلته اهتماما أكبر بنواحي الفيزياء العملية وأشار بأن (هيزنبرك) كان قد تمكن من التعبير بفهم وإدراك عن تفاصيل التجارب العملية وإن كان عليه مأخذ عدم القيام بها. ولكن الحقيقة التي أوشكت أن تعلن النتيجة بها كانت عكس ما كان يتوقعه الجميع فلم تمر قضية منحه شهادة الدكتوراه بسلا، إذ كثرت اللفظ واحتدم النقاش بين (سومرفلد) و (وين) حين أراد الأول أن يمنحه الشهادة بأعلى مقادير الشرف وبأزهى آيات التبريكات بينما أصر الآخر على رسوبه في مسعاه!. واستمر الصراع دائرا والآراء متضاربة لفترة غير قصيرة من الزمن - حبس الجميع أنفاسهم خلالها - حتى انتهت ثورة النقاش والجدل باتفاق الأستاذان على الحل الوسط وهو أن يمنح هيزنبرك شهادة الدكتوراه ولكن بأدنى درجات النجاح!)).

صاحب (هيزنبرك) رفيق دراسته (بولي) إلى جامعة (كوتنكن) حيث تتلمذ الاثنان على يد الفيزيائي الألماني [ماكس بورن (Max Born (1882-1970)] وانتقل بعدها عام (1924) إلى معهد الفيزياء النظرية في (كوبنهاغن) ليتلمذ على يد الفيزيائي الدنماركي البارع [نيلز بور (Niels Bohr (1885-1962)] وهناك قابل ولأول مرة الفيزيائي العالمي المعروف (ألبرت اينشتين). ولم يُقبل عام (1925) حتى كان (هيزنبرك) قد توصل إلى ألمع فكرة عبقرية في مجال ميكانيكا الكم ونظرية الذرة، تلك الفكرة التي اعتبرت فتحا مبينا في تينك المجالين. ووصف كل من دافيد كاسيدي (David Cassidy) من جامعة هوفسترا

(Hofstra) والمعهد الأمريكي للفيزياء ما توصل إليه هايزنبرك في الصفحة المسماة باسمه على الشبكة العنكبوتية بما يلي:

((بما أنه لم يتمكن ولحد الآن من الملاحظة الحقيقية لا لدوران الإلكترونات في مداراتها ولا رؤية تلك المدارات (وربما لن يتمكن من ذلك وإلى الأبد) فإن العبقرية الفريدة (لهيزنبرك) كانت قد تفتقت عن فكرة ابتكار نظرية لميكانيكا الكم بدونهما، واعتمد في ذلك بدلا عنهما على ما يمكن ملاحظته وقياسه: أي اعتمد على الضوء المتص والمبعث من الذرات المعرضة له. وكان الجواب جاهزا بحلول شهر تموز (يوليو) من عام (1925) حين سلم (هيزنبرك) استاذة ماكس بورن (لوصفته السحرية) الحاوية على الاشتقاق النظري والحل المنشود لأكبر معضلة في تاريخ الفيزياء آنذاك قبل أن يغادر متمتعا بإجازة لمدة شهر يقضيها في رحلة...)).

احترار الأستاذ (بورن) في فهم الورقة التي عكف على دراستها ولم يدرك معاني تدرج اشتقاقاتها إلا بعد أن استوعب طبيعتها وفهم علاقاتها الرياضية. بمجاميع الأرقام المعروفة باسم (المصفوفات). كان ابتهاج (بورن) بعبقرية الفكرة التي توصل إليها (هيزنبرك) صاعقا حيث لم يأل جهدا وسارع إلى إرسالها للنشر، فتم بذلك الفتح المبين لولادة ما يعرف اليوم بعلم (ميكانيكا الكم).

استطاع (هيزنبرك) بورقته التي نشرها أستاذة (بورن) في عام (1925) من ابتكار طريقة فذة للتعبير عن فحوى ميكانيكا الكم بدلالة (المصفوفات) وذلك باعتماد مجموعات احتمالية متكونة من كموم حدية بقيم معينة واستخدام تلك الحدود لإنشاء نوع جديد من الجبر الذي سمي بالجبر غير الكمي والذي لا يعترف بمساواة قيمة (أ × ب) لقيمة (ب × أ). واستمرت إبداعاته فتمكن في عام (1926) من نشر بحث مبتكر بمشاركة أستاذة (بورن) والفيزيائي الألماني [باسكال جوردن (1902- 1980) Pascal Jordan] احتوى على التفسير الرياضي لمفهوم (ميكانيكا المصفوفات) والذي تمكن العلماء بواسطته من تفسير الكثير من المصفوفات والأحداث التي أمكن اكتشافها في تصرف الذرة، فبواسطة



هذا المفهوم يكتسب كل عنصر من عناصر المصفوفة معنى مقابلاً لمجموعة الاحتمالات الممكنة لحالة أو حالات بعينها أو لحالة أو حالات انتقالية فيما بينها. ويمكن (هيزنبرك) من استخدام استنباطه الجديد (ميكانيكا المصفوفات) لتفسير تصرف طيف ذرة الهيليوم ونجح في ذلك نجاحاً باهرًا.

علق توماس بورز (Thomas Powers) في كتابه (حروب هيزنبرك) بما يلي:

((لم تأت الحلول التي اقترحتها (ميكانيكا المصفوفات) لهيزنبرك إلا بالمشقة والحزن وتطلبت من العلماء تنازلات ثقيلة صعبة، فخذ على سبيل المثال فكرة تخليق عن فكرة المدارات الجذابة والواضحة حول نواة الذرة والتي لم تترك صديقه بولي (Pauli) إلا وقد عصفت به الحشرات وفاض به الشجن حتى أوشك على البكاء حزنا حين كتب في عام (1925) واصفا أساه وشجنه لفقدان نموذج الذري المحبب: لم لأنشبه الإلكترون بدورانه حول نواة الذرة بالقمر الذي يدور بمدار ثابت حول الأرض، فإذا كانت الطبيعة قد خلقت لكل كرة مداراً يمكن لجسم آخر تابع لها أن يدور فيه حولها، فلم جاء (هيزنبرك) وحرم ذراتنا الجميلة من هذه الميزة وأصر على وجودها لدى كل ما هو قابل للمراقبة وحسب (مشيراً بذلك إلى الاستنتاج القائل باستحالة - مراقبة - الإلكترونات في مداراتها). لقد أربك (هيزنبرك) عالم الفيزياء حتى الموت في هذه اللحظة التي جاء فيها بما جاء. ولكن وعلى كل حال فإن ما حدث قد حدث وقد أثبت علمياً، لذلك فإنني اعتبره أكبر من طاقتي على التحمل وإني لأعني بأني لم أسمع بما سمعت قط، و... ياليتني مت قبل هذا وكنت نسياً منسياً⁽¹⁾)).

عين هيزنبرك في عام (1926) محاضراً للفيزياء النظرية في (كوبنهاغن) حيث استمر بالعمل هناك جنباً إلى جنب مع (بور)، كما عين عام (1927) لإشغال منصب كرسي الأستاذية في جامعة لايبزك (Leipzig). وأخيراً منح في عام (1932) جائزة نوبل للفيزياء لتقديره

(1) سورة مريم. الآية 23. (المترجم).

الوصف المقنع لميكانيكا الكم باستعمال طريقة حساب المصفوفات حيث ألقى البروفيسور هيننك بلبلج (Henning Pleijel) رئيس هيئة منح (جائزة نوبل) ورئيس لجنة الفيزياء في الأكاديمية السويدية الملكية للعلوم خطابه في حفل تسليم الجائزة كما رآها من زاوية ميكانيكا الكم، وقد جاء فيه:

((لقد فاقنا (هيزنبرك) منذ البداية ببعد نظره وسعة أفق تفكيره فهو لم ينحرف مثلنا مع حصر قيم المدارات والإلكترونات في الذرات والجزيئات (بأرقام محددة) وإنما امتد ذهنه ليشملها (بجميع قيم محددة). لقد قمت شخصياً بتطبيق حساباته وامتحتنت تكهناته وفق ما جاءت به ميكانيكا الكم على تجاربي الخاصة حول صفات أطياف الذرات والجزيئات (ولا أدعى أنني كنت الوحيد في ذلك بل شاركني العديد من الزملاء بمثل تلك التجارب) واتفقنا جميعاً على حقيقة توافق كافة نتائجنا المختبرية مع ما تنبأت به نظريته)).

لقد شكلت نظرية ميكانيكا الكم التي اكتشفها (هيزنبرك) في عام (1927) حجر الزاوية في شهرة وحياة هذا الفيزيائي الفذ وصارت خير إنجاز عُرف به منذ ذاك. وقد لا يهم الكم ولا ميكانيكياته ولا نظريته (شأنها كشأن غيرها من النظريات الفيزيائية والآراء الدقيقة) غير المختص فعلاً فضلاً عن جذبها لاهتمام عموم المجتمع، ولا غرابة في ذلك إذ إنها وحساباتها لا تخص أبداً ما نشعر به ونحياه. وقد لا تمت لحياتنا اليومية الواقعية بأي صلة ولكنها - والحق يقال - تكتسب بعداً استثنائياً وأهمية بالغة متى ما وضعت دراسة الذرة ومكوناتها تحت المحكين العملي والنظري.

ولنحاول الآن تلخيص بعض الأسس التي يقوم عليها (مبدأ الشك) وإعطاؤك مثال أو اثنين من واقع الحياة العملية لجعل تصور (هيزنبرك) لتصرف الذرة - والذي حير العلماء والفيزيائيين في يوم من الأيام - في متناول يدك ونطاق تفكيرك لتدرك - عزيزي القارئ - معناه على الأقل إن كنت من الذين يشكون بأن إطلاعهم على تطبيقاته لما دون مستوى الذرة صعب المنال: ينص مبدأ الشك أصلاً على عدم إمكانية تحديد كل من موقع وعزم جسيم



بدقة متناهية في ذات الوقت - وحتى من الناحية النظرية - . ونشير هنا إلى أن معظم الفيزيائيين والكتاب لازالوا متمسكين بتفسير تلك الحقيقة على أنها تعني عدم إمكانية امتلاك جسم (لموقع) و (عزم) محددين في ذات الوقت. وعلى رغم وجود الاختلاف بين الفهمين إلا أن ذلك لا يمكن أن يؤثر على حياتنا اليومية بطريقة محسوسة أبداً، وإنما تبرز أهميته جلية بينة لدى التعامل مع، ودراسة الظواهر والمشاهدات الذرية وما دونها - نفهم مما سبق أن مبدأ الشك يتضمن الشك (بمعنى قلة اليقين) في قياسات المواقع والعزوم... وللعلوم المختلفة تعريفاتها الخاصة للمصطلحات التي قد تختلف عنها في العلوم الأخرى، فقد يطلق على هذا (الشك) أحيانا مصطلح (الزيغ). بمعنى الحيود عن كل ما هو مثالي أو دقيق. ولنأخذ إحدى تلك التعاريف المتضمنة لمعنى العمل على أو القيام بسلسلة من القياسات المترية (للأبعاد والمسافات) واستنباط الاستنتاجات النافعة منها، فعلى سبيل المثال دعنا نأخذ حبة فاصوليا اعتيادية ونحاول قياس قطرها بمسطرة اعتيادية فنحصل بالطبع على قراءة قياس معينة لقطر تلك الحبة وليكن (8) ملمترات مثلاً. ولا أشك باتفاقك معي وبالنظر لمحدودية دقة مسطرة التي استخدمتها أنه بإمكانك الحصول على قياس أدق باستعمال مسطرة أفضل والتي قد تعطيك رقماً مغايراً قريباً مما سبق الحصول عليه وليكن (8.5) او (7.5) ملمتراً. والآن إذا تصورنا (حدود) ما يمكننا عمله - ضمن نطاق تجربة القياس البسيطة هذه - فلاشك أنك أيضاً ستفق معي على أنه وبقيامنا بمئة قياس لقطر ذات الحبة وباستعمال مختلف المساطر وأجهزة القياس الأدق منها - فإننا سنحصل على مئة قياس مختلف ولكنها كلها سوف تتمحور حول معدل قياس مركزي واحد وسيكون بإمكاننا التعاون (مساء أحد أيام الإجازة وأثناء احتسائنا لفنجانين لذيين من القهوة!) والقيام برسم المخطط البياني لكافة القراءات التي توصلنا إليها خلال الأسبوع المنصرم وسنجد (حتمًا) أنها ستأخذ شكل (المنحنى الطبيعي التام - بشكل الجرس). والذي سيتمحور حول قيمة مركزية واحدة وهي الـ (8) ملمترات. وفي تذبذب نتائج قياس قطر حبة الفاصوليا حول المعدل المترکز في محور المنتصف لمثال بين على (مبدأ الشك) في القياس.

وفي العودة إلى الأمور الأدق تذكر أن مبدأ الشك آنف الذكر قد يأتي رياضيا بصيغة

$$\Delta X \Delta p \geq \hbar$$

وقد يأتي في بعض كتب الفيزياء المنهجية بشكل مختلف عما سبق ذكره وهو:

$$\Delta X \Delta p \geq \hbar/2$$

ولعل تفسير ذلك يكمن في الاختلاف الطفيف في تعريف معنى [الفرق (Δ)]. فلقد درجت الكتب القديمة نسبيا على تعريف الـ (Δ) على أنها مجموع قياسات الأطوال الشاملة لـ (50%) من الاحتمالات الممكنة. والآن إليك مثال أعقد قليلا لتطبيقات مبدأ الشك من مثال حبة الفاصوليا آنف الذكر: ففي الأمور العلمية المنهجية الملموسة يتضمن (قانون أو مبدأ الشك) حقيقة أن المعنى المستقى من أي تفسير لحقيقة علمية معينة لا يمكن أن يعني إلا جانباً واحداً فقط (أو زاوية بذاتها) من مجمل التفسيرات الممكنة لتلك الحقيقة والتي تقتصر على حدود التجربة المستخدمة لقياس الجانب المختار أو الجزء المعين من الحقيقة المقصودة بالاختبار والنقاش، ولهذه الفكرة تداعيات واسقاطات مهمة جداً، فإذا صحت (وهذا ما يؤمن به هيزنبرك قطعياً) فذلك يعني أنه علينا أن نسقط من حساباتنا وجود أي معنى أو اعتبار لأي قيمة أو حد أو (حقيقة) فيزيائية لا تتمكن من قياسها فعلاً ويؤمن (هيزنبرك) كذلك بعدم قدرتنا على التنبؤ (بالمستقبل) بالاستناد على حقائق وقياسات الماضي وذلك لسبب بسيط وهو استحالة التنبؤ بمستقبل موقع جزئية واحدة أو جسيم بالدقة أو الصحة التي تتطلبها الحقائق الرياضية حتى لو تمكنا من حساب ومعرفة كافة القوى المؤثرة عليها في اللحظة السابقة بمعنى أننا لا يمكننا أبداً معرفة (حقيقة) موقع وعزم جسيم معين بالفعل في لحظة مستقبلية معينة بذاتها من قياس القوى المؤثرة عليه، وخير ما نستطيع القيام به هو التوصل إلى وضع الاحتمالات الإحصائية للحقيقة المحجوبة عنا.

لقد تذبذبت حياة هيزنبرك (وكانه ممثل على خشبة) فقداته إلى السعادة والمرح البالغ تارة كما أسلمته إلى مخالب الرعب والخطر المحدق طورا آخر، فهي لم تخل من المطبات العلمية كما سبق وأن شاهدنا في حادثة نيله لشهادة الدكتوراه كما لم تكن بمنأى عن المفاجآت



السياسية التي أودعته غياهب السجون فذاق من جرائها الأمرين، ففي كتابهم الموسوم (فيزياء القرن العشرين) نقل كل من (لايوري م. براون - Laurie M. Brown) و (ابراهام بيس - Abraham Pais) و (ا. ب. بيرد - A. B. Pippard) عن هيزنبرك قوله:

(لقد أدركت بعد رحيل العمر ومضي سنواته الطويلة أن الحقبة الواقعة بين عامي (1927 ، 1932) كانت قد شهدت العصر الذهبي للفيزياء الذرية).

كيف لا وقد جاءت أيامها بالحلول المنطقية والمقبولة لأعنى مشاكل الفيزياء ومعضلاتها والتي شغلت بال الفيزيائيين وأقضت مضاجعهم لسنين طوال خلت. أما الآن وبعد أن أزيل هذا الهم الثقيل وانتشع الحمل الويل، فقد آن الأوان للتمتع بموسم خير وفير والتمتع بقطف ثمار الأفكار الناضجة الطازجة والتي طال انتظارها. ومن هذه الثمار قيام (هيزنبرك) بنشر كتابه الشهير (الأسس الفيزيائية لنظرية الكم) في عام (1928) والذي كان عبارة عن مقدمة نموذجية للأسس الرياضية التي بُنيت عليها نظريته في ميكانيكا الكم.

وإذا ما عدنا قليلاً (بالزمن) إلى السوراء لاتضح أمامنا جلياً مسار القدر الذي كان يعد (لهيزنبرك) مستقبلاً ليحمل شعلة فيزياء العصر الحديث. ففي عام (1935) كان قد أصبح من المسلم به أن يتبوأ علامتنا الحضيف المنصب المرموق الذي شغله أستاذه (سومرفلد) لسنوات عديدة في (جامعة ميونخ) من قبل. لم لا وهو الأجدر بهذا المنصب بعد إنجازاته العلمية الفذة فضلاً عن كونه التلميذ النجيب لذاك العالم الجليل، فإذا أضفنا إلى كل ما سبق نضوج (الفكرة النازية) وإدراك القادة أن الأوان قد حان لأن يتبوأ الألمان - دون غيرهم - كل المواقع العلمية المرموقة في المجتمع ولا سيما تسنم (الفيزيائيين الألمان) مواقع القيادة في الجامعات والمعاهد بدلاً عن (نظرانهم اليهود). بما في ذلك مواقع النسبية ونظرية الكم، لصرنا على قاب قوسين أو أدنى من رؤية المستقبل المشرق والمجد الذي كان ينتظر (هيزنبرك) ويوشك أن يفتح أمامه باب سعده، وهو الذي كان قد جمع الوطنية والعلم في قلب وعقل رجل واحد، ولكن حظه العاثر شاء إلا أن يلغى أمر تعيينه لذلك المنصب وحرمانه من أي منصب آخر غيره رغم كونه مسيحياً

لا يمت لليهودية بصلة وألمانيا صميما نذر نفسه لخدمة وطنه وأمته. أما السبب في ذلك الإلغاء فظهر جليا بعد فترة من الزمن... وكان يعود لتقرير استخباراتي ألماني وجد طريقه إلى الملفات السرية العسكرية وفحواه: (إن أنسب مكان لوجود الأستاذ هيزنبرك هو في معسكرات الإبادة الجماعية لا على الكراسي والمناصب القيادية في الجامعات).. وأدارت الدنيا ظهرها له فأدرك (هيزنبرك) المعنى الأليم للمثل القائل (إذا أقبلت عليك الدنيا بوجهها منحتك محاسن غيرك وإن أدبرت سلبتك محاسنك) وذاق طعم علقمه المر عندما صدرت إحدى نشرات المخابرات الألمانية والموقعة من قبل رئاستها الشهيرة والمخيفة والمعروفة بالجستابو (SS) وهي تعلن صراحة (بأن هيزنبرك لا يتعدى كونه خائنا شأنه شأن الكثيرين من الخونة الألمان أمثاله والذين لا يعبرون إلا عن الروح العدائية اليهودية الضالة التي لا هم لها سوى نفت سمومها في المجتمع الألماني العتيد لتخريب إنجازاته العظيمة ولمحاولة إطفاء الجذوة الروحية الصافية فيه وعليه، فهم بالحقيقة أحق بالإعدام والإبادة من نظرائهم اليهود). وبناء على ذلك سيق عالمنا إلى غياهب المعتقلات وتنقل بين السجون النازية المرعبة وعانى ما عانى من ويلات التحقيق والتعذيب وما كان ليخرج حياً من تلك المأساة التي حلت به لولا رأفة القدر به حين أعلن عن إخلاء سبيله بتقرير غريب قصير مقتضب مفاده إسقاط تهم الاحتجاز عنه وتبرئته من الخيانة التي وصم بها. كان وقع قرار الإخراج والعفو المفاجئ على نفس (هيزنبرك) مؤثرا مؤلما صاعقا غريبا شابه بغرابته قرار اعتقاله أول مرة!!.

ولك أن تستمر بالاستماع إلى (سمفونية) تراجيديا حياة هذا العبقري (بطبقاتها) المختلفة فتعلم أنه برع كعازف فذ على البيانو أحياء العديد من الحفلات والكونسرتات الرائعة المتميزة والتي لمع نجمه فيها حتى أن نبوغه في الموسيقى وحبها كان السبب المباشر في عثوره على حبه الآخر، زوجته اليزابيث شوماخر (Elisabeth Schmacher) والتي كانت فتاة ذكية رائعة الجمال جذابة، صادف وأن حضرت إحدى حفلاته وهي في ربيعها الثاني والعشرين وكان هو حينها قد بلغ الخامسة والثلاثين فأعجبت به وأعجب بها فتواعدا... وبعد بضعة لقاءات مفعمة بالمودة والعاطفة بينهما تقدم لطلب يدها وتزوجها بعد ثلاثة أشهر من لقائهما



الأول في صالة كونسرت البيانو وكان ذلك في عام (1937). حفلت حياتهما بالكثير من الأحداث السعيدة والمفاجآت الجميلة وزينوها معا بسبعة من الأولاد.

ومن الأحداث المهمة في سيرة حياته موضوع ترؤسه لمشروع السلاح النووي الألماني الفاشل خلال سني الحرب العالمية الثانية الأمر الذي أثار الكثير من الجدل والنقاش بين ثلة من مؤرخي العلوم والذين لازالوا - وإلى هذا اليوم - يشككون بحقيقة الأسباب التي أدت إلى ذلك الفشل ولازالوا يناقشون النظريات التي تعرض وتجادل في ما إذا كان السبب الحقيقي لذلك الفشل يعود إلى قلة التمويل المادي والدعم الرسمي لذلك المشروع؟ أم كان بسبب قلة وفقدان العلماء المؤهلين لمواصلته؟ أم تراه كان فعلا يعود إلى ضعف المهارة العملية من جانب (هايزنبرك) شخصا؟ ولكن الكثير من المؤرخين والمنصفين لازالوا يجادلون، ومن وجهة نظر مغايرة بأن السبب الحقيقي والجوهري لفشل ذلك المشروع الطموح العملاق كان كامنا في نفس (هايزنبرك) متمثلا بعدم رغبته الصادقة بمنح مثل ذلك السلاح الفتاك في تلك الحقبة التاريخية الحرجة خلال الحرب العالمية الثانية إلى نازيين ألمانيا وتمكينهم من الضغط على زناده. وعلى أية حال فمن المؤكد من مراجعة التاريخ أن الفكر العسكري الاستراتيجي الألماني كان قد حسم أمر تمويل ودعم ذلك المشروع بقرار الاعتماد الفعلي والمستقبلي على سلاح الصواريخ والطائرات النفاثة على حساب تقليل المال المرصود لتطوير أي جهد عسكري باتجاه إنتاج السلاح النووي).

ومن بين المتناقضات التي لا تنتهي في حياته أيضا تبرز حقيقة انتمائه الشديد وحرصه الأمين على إذكاء الدافع الوطني الألماني ذاتيا وإلى الحد الذي قد يوصف معه بالتطرف القومي الألماني وكان هذا كل ما يبغيه الحلفاء لوصم من يريدون بالنازية والتعصب والعنصرية. ظهر ذلك جليا في خطابه الذي أرسله في عام (1943) إلى العالم الألماني (هندريك كازيمير - Hendrik Casimir) والذي نشره المؤرخ (دان كرزمان - Dan Kurzman) في كتابه (الماء والدم) والذي جاء فيه:

((لا يشك أي قارئ منصف للتاريخ بأن القدر كان قد حسم أمره باختيار ألمانيا لقيادة

أوروبا ومن ثم قيادة العالم بأسره. فلا يمكن لأمة أن تصمد وتثبت وجودها في محيط العالم المتلاطم إذا لم تكن قد أحسنت (فن القسوة في القيادة والانضباط)، أما الديمقراطية والديمقراطيون فلن يتمكنوا أبدا من بناء ما يكفيهم من القوة (بأسلوبهم هذا) ليحكموا أوروبا، وبإمعان التفكير بما سبق لن يصمد لولوج وقيادة المستقبل إلا احتمال القوتين العظيمتين المتصارعتين في أوروبا واللتين لا ثالث لهما لسيادة العالم وهما ألمانيا وروسيا ولا أستطيع الجزم الآن، ولكنني أتكهن بثقة بأن أوروبا الموحدة تحت قيادة ألمانيا ستكون وبلا شك أهون الشرين)).

ونقرأ فيما يلي التقرير السري بحق (هيزنبرك) والذي كان قد حرره الفيزيائي الأمريكي - ألماني الأصل - [صموئيل كود شمت (1902-1978) - Samuel Goudsmit] والذي يعبر فيه عن تحفظه بشأن تصرفات هيزنبرك (نازية المنحى) والذي أرسله إلى (ميشيل بيرن - Micheal Perrin) في السابع والعشرين من شهر آب (أغسطس) من عام (1948). فض الأخير - وهو الضابط الأمريكي المسؤول عن معسكرات الاعتقال الخاصة بالعلماء الألمان الذين كان لهم ضلع في برنامج ألمانيا النازية لإنتاج القنبلة الذرية - ذلك الخطاب الذي جاء فيه:

((لا يظهر لي - بالدلائل الملموسة بالطبع - أن لدى هيزنبرك - ولحد الآن - الرغبة الصادقة في إدانة الأعمال التي قامت بها ألمانيا النازية بصورة علنية. ولعلك تلاحظ (وفي كافة خطابات)ه) النبوة المدافعة عن ألمانيا وعظمتها بصورة يحاول معها التأثير على مستمعيه دائما بالإشادة بقوة وامتياز وتفوق العمل العلمي الجماعي الألماني حتى ولو كان تحت القيادة النازية العنصرية، وتراه يصبر ويكرر دائما بل ويؤكد على (النية السلمية) لكل ما قامت به ألمانيا، وعلي أن أذكر هنا أن المقالة الوحيدة التي سبق وأن قرأتها له والتي ظهرت فيها (وبخجل شديد) الرائحة المقاومة للنازية، كان في خطابه الموجه إلى طلاب جامعة (كوتنكن) والذي أشار فيه إلى (أن لا دخل للعلوم بالدين ولا بالعرق)، وفي اعتقادي الشخصي كان على (هيزنبرك) أن يشدد من لهجته في نقد النازية كأن يشير



على سبيل المثال إلى النزعة التدميرية للدكتاتورية بقيادتها... ولكنه لم يفعل!)).

لقد كان لمثل هذا التقرير - والذي تفوح منه الرائحة والنكهة الاستخباراتية بوضوح - الأثر البالغ في تقرير مصير (هيزنبرك) كعنصر مضاد للحلفاء المنتصرين، والذي تم القبض عليه فعلاً في نهاية الحرب من قبل قواتهم، وتم إيداعه بالفعل في أحد معسكرات الاعتقال مع غيره من العلماء الألمان ولشهور عدة، تلك المعسكرات التي كانت عبارة عن ثكنات مهجورة حقيرة تقع في ضواحي الريف الإنجليزي، حيث كانوا تحت المراقبة المستمرة بأجهزة تنصت سرية تسجل كل ما يتفوهون به.

وبعد أن لاقى الأمرين في اعتقاله رغم منزلته العلمية المرموقة أطلق سراحه بعد انتهاء الحرب وعين في عام (1956) مديراً المعهد (ماكس بلانك للفيزياء والفيزياء الفضاوية) في جامعة (كوتنكن)، واستمر في هذا المنصب حتى بعد انتقال المعهد إلى ميونخ وحتى تاريخ تقاعده في عام (1970). طويت صفحته فوافاه أجله المحتوم عن عمر قارب الخامسة والسبعين وذلك عام (1976) إثر إصابته بمرض السرطان.

لقد ألف (هيزنبرك) في حياته العديد من الكتب حول الفيزياء يجدر الإشارة هنا إلى اثنين منها تضمننا آراءه حول فلسفة هذا العلم هما (الفيزياء والفلسفة عام 1962) و (الفيزياء وما بعدها عام 1971). ذكر (ديفيد كاسيدي - David Cassidy) الأثر البين الذي تركه (هيزنبرك) في علم الفيزياء في كتابه الموسوم (ورنر هيزنبرك: مراجعة حياته وأعماله) ما يلي:

((يُصنف هايزنبرك في مطاف الفيزيائيين العظام أمثال (نيلز بور) و (بول ديراك) و (ريتشارد فاينمن) الذين أثروا بوضوح وتركوا بصماتهم بينة جليلة على فيزياء معاصريهم. لقد كان وبلاشك اللاعب الأساسي في استنباط ميكانيكا الكم كما أنه كان قد شرع فعلاً بوضع نظرية كمية تفسر الخاصية المغناطيسية للمواد الحديدية، وأخرى لتفسير نموذج علاقة البروتون بالنيوترون داخل النواة وثالثة أسماها النظرية السيئية)).

ونشر خلال حياته ما ينيف على الـ (600) دراسة ما بين ورقة بحث أصيلة ومقالة فلسفية وتوضيحات علمية، هذا وقد كانت جهوده التعليمية والبحثية موجهة إلى العلماء والمختصين،

كما كانت موجهة لغيرهم من عموم الدارسين والمطلعين.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Brown, Laurie M., Abraham Pais, and A. B. Pippard, *Twentieth Century Physics* (Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1995).

Cassidy, David C., *Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg* (New York: W. H. Freeman & Company, 1991).

Cassidy, David, "Werner Heisenberg: An Overview of His Life and Work," in *100 Years, Werner Heisenberg: Works and Impact*, Dietrich Papenfuß, Dieter Lüst, and Wolfgang P. Schleich, editors (New York: Wiley, 2002).

Cassidy, David C., and the Center for History of Physics of the American Institute of Physics, "Werner Heisenberg and the Uncertainty Principle", see www.aip.org/history/heisenberg/.

Heisenberg, Werner, *Physics and Beyond: Encounters and Conversations* (London: G. Allen & Unwin, 1971).

Kurzman, Dan, *Blood and Water: Sabotaging Hitler's Bomb* (New York: Henry Holt, 1997), 35.

Moore, Pete, *E = mc²: The Great Ideas That Shaped Our World* (New York: Sterling Publishing, 2005).

Powers, Thomas, *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb* (New York: Da Capo Press, 1993).

Rose, Paul, *Heisenberg and the Nazi Atomic Bomb Project, 1939-1945: A Study in German Culture* (Berkeley, Calif.: University of California Press, 1998).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- لقد رآى الفلاسفة وعظام مفكري الأديان في القرن الماضي دلائل وجود الخالق (جل وعلا) في التناظر والتناغم الكوني، وفي المعادلات الجميلة الخلاقة للفيزياء التقليدية التي تصف ظواهر الطبيعة كالكهربائية والمغناطيسية وغيرها من حولهم، أنا لا أرى في بساطة النماذج التي توفرها الظواهر الطبيعية المعقدة من حولنا دليل على وجود الإله. أنا أؤمن أنها ذاتها هي الإله! ... فهلا أمعنت التفكير وأصخت السمع (لنغمات ورشاقة المنحنيات الحسابية وحسب)! ألا تجدها تعزف موسيقاها الخاصة بها؟ أليس في ذلك نفحة من عظمة الخالق (سبحانه)؟ أليس كل ما حولنا ينطق بالروحانية؟!

راب

Paul Rapp, (Get Smart, Controlling Chaos) Omni.

مقتطف من كتاب (كن حكيماً - تنسيق الفوضى).



– يمكننا التسليم بإمكانيتنا على التعبير عن (كيفية) تصرف الطبيعة بتجريد رياضي سليم. ولكن بأي منطق يمكننا إدراك (كنهه) الكون من حولنا. دعني أسألك بأي منطق يمكن (لقوانين نيوتن) أن تفسر لنا لم تتحرك الأشياء وليس كيف؟

كراوس

Lawrence M. Krauss, Fear of physics.

مقتطف من كتابه (الخوف من الفيزياء).

– لنفرض جدلاً أن الكون عبارة عن رقعة عظيمة من رقع الشطرنج، وأن الأحداث فيه حركات لأحجار عليها وما نحن إلا مشاهدين لحدث صادم (ولا نعرف لم وكيف) إن وجدنا لمراقبة الآلة وهي تلعبها. لن نستطيع رؤية الآلة ولا قراءة أفكارها بالطبع. ولكننا إذا ما راقبنا تلكم الأحجار تتحرك وتنتقل ولفترة معقولة من الزمن، فلا بد لعقولنا أن نلاحظ وتفهم شيئاً من قوانين تلك اللعبة. ولكننا بالمقابل قد لا تتمكن أبداً من فهم لم تمت هذه الحركة دون تلك – فضلاً عن معرفة ما يجول بخواطر تلك الآلات خارجها – وذلك لسبب بسيط هو أن التعقيد الذي يلف معرفة (لم) جرت تلك الحركة يفوق بكثير فهم عقولنا المحدود وإمكاناتها. ولذا لا بد لنا أن نركز تفكيرنا ونشحنه همماً لفهم المزيد والمزيد من قوانين اللعبة، أي لنعرف (الكيف). فإذا ما فهمناها (بعد زمن يظهر لي بعيداً وبعيداً جداً) سنستطيع القول بأننا قد فهمنا اللعبة أي أننا فهمنا الكون.

فاينمان

Richard Feynman, Feynman's Lectures on physics.

مقتطف من (محاضراته في الفيزياء).

– لكل نظرية علمية حقل تطبيقاتها المحدد، ولكل نظرية مجالها الخاص الذي تنجح فيه مقارباتها وآخر يفوق قدراتها فتفشل. خذ البناء مثلاً: فستكفي (جاذبية غاليليو) لبناء البيوت وسنحتاج (جاذبية نيوتن) فقط لبناء ناطحات السحاب الشاهقة، أما (جاذبية أينشتاين) فقد نستخدمها في مناورات سفن الفضاء أو إنزالها على كواكب بعيدة عند الحاجة، ولكننا لا نقوم بذلك إذا كانت (قوانين نيوتن) تنفي بالغرض اللازم من حيث دقة العمل وسلامته.

أما سؤال الحقيقي فهو: هل كان بإمكاننا التوصل إلى فهمنا العميق لما ذهب إليه (اينشتين) بنظريته دون المرور بقرنين من المراقبة والتحليل واكتساب الخبرة تحت مظلة (نيوتن) وما دعت إليه قوانينه التي أوجدها والتي وحدها التي أهلت أذهاننا لفهم طفرة اينشتين؟ أقولها واثقا أن الجواب هو بالنفي.

بركمن

William T. Bridgman, (The Cosmos in your Pocket,
How Cosmological Science Became Earth Technology.
مقتطف من كتابه (الكون في متناولك).



قانون هابل لتمدد الكون

HUBBLE'S LAW OF COSMIC EXPANSION

الولايات المتحدة عام 1929: 

تزداد سرعة ابتعاد أي مجرة عن مراقب لها من الأرض كلما ازدادت المسافة التي تفصلها عنه - أي أن للمسافات الفاصلة بين المجرات والسدم الكونية صفه التمدد والتباعد دائما ولهذا فإن الكون في اتساع أزلي.

مجاور ذوات علاقة:

تأثير دوبلر (THE DOPPLER EFFECT)⁽¹⁾، والنظرية النسبية العامة (THE GENERAL THEORY OF RELETIVITY)، وقانون باي - بالو للضغط والرياح (BUYS - BALLOT'S WIND AND PRESSURE LAW).

من أحداث عام (1929):

- نشر الكاتب الأمريكي المعروف ارنست همغواي (Ernest Hemingway) روايته الشهيرة - وداعا للسلاح.
- انهيار سوق الأسهم الأمريكية الشهير وما تبعه من ركود اقتصادي.
- ظهور العديد من الأغاني الغربية الشهيرة مثل (Singing in the Rain) و (Tiptoe Through The Tulips).
- ظهور واشتهار الشخصية الكرتونية المعروفة (باباي الملاح - Popey The Sailor Man).
- تم عزف وغناء رائعة فرقة [غاي لومباردو (Guy Lombardo)] المعروفة (Auld Lang Syne) لأول مرة.

(1) تأثير دوبلر (The Doppler Effect) - وهي الظاهرة المسماة باسم الفيزيائي النمساوي كريستيان دوبلر (Christian Doppler) الذي وضعها في عام (1842) وتعني التغير الحاصل في تردد موجة لمراقب متحرك نسبة لمصدر الموجة الثابت، أو العكس. (المترجم).

- ولادة القائد الفلسطيني المعروف والحائز على جائزة نوبل للسلام (ياسر عرفات).

نص القانون وشرحه:

وضع الفلكي الأمريكي ادون هابل (Edwin Hubble) في عام (1929) قانون العلاقة

الخطية بين إزاحة المجرات والمسافات الفاصلة بينها وهي:

$$v = H \cdot D$$

حيث تمثل v - سرعة الابتعاد أو الإزاحة، وهي سرعة ابتعاد أي مجرة عن مراقب ثابت على الأرض مثلاً.

و H - هو ثابت هابل

و D - هي مقدار المسافة الفاصلة بين أي مجرة ومراقب لها على الأرض (أو على أي جرم آخر)، وبعبارة أدق هي مقدار المسافة التي قطعها الضوء في انتقاله من تلك المجرة إلى مراقبها إذا اعتبرناه كنقطة مرجع ثابت.

ويمكننا الآن بعد تطور فهمنا للدراسات والحسابات المتعلقة (بثابت هابل) أن نعتبره مرجعاً (لتطور الكون)، بمعنى أن الكون ووفق ما نص عليه القانون لا بد وأن يكون قد اتسع وتطور عبر الزمن، ولذلك فإن (H) بالحقيقة تكتب (H_0) والتي تعني بوضوح رياضي مقنع أن (ثابت هابل) هذا هو عبارة عن ثابت يخضع لمتغيرات لا بد وأن تكون قد (غيرت) من قيمته عبر الزمن. ولا بد هنا من الاستدراك والتأكيد على أنه ظل ثابتاً لحقبة طويلة من الزمن - أما قيمته - فتبلغ حسب آخر مقاربة فلكية له (71 كيلومتراً في الثانية) لكل ميكابارسك (Megaparsec) و (الميكابارسك) عبارة عن وحدة قياس كونية بالغة العظمة والاتساع تبلغ مقدار المسافة التي يقطعها الضوء في (3) ملايين سنة من سني الأرض، والسنة الضوئية بدورها هي المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ في السنة الواحدة والتي تبلغ حوالي [(9.46) مضروبة × (10 مرفوعة إلى القوة 12)] كيلومتر وتساوي ما يقارب 5.88 ترليون (5.88 مضروبة في 10 مرفوعة إلى القوة 12) ميل. ولاستيعاب المدى الهائل العظيم لمقدار المسافة التي يمثلها (الميكابارسك) الواحد يمكنك أن تتصور أن قطر مجرتنا بكاملها والمسماة



مجرة (درب التبانة) أو (مجرة الطريق اللبني)⁽¹⁾ لا يتعدى الـ (0.02) - الاثنان بالمئة من الميكابارسك الواحد! وأن المسافة الفاصلة بين مجرتنا آنفة الذكر وأقرب مجرة لها في الكون والمسماة (المراة المسلسلة)⁽²⁾ لا يتجاوز الـ (0.77) من الميكابارسك. أما حساب المسافات الهائلة بين المجرات فلا تعتمد على قياس المسافات المجردة بينها فقط وإنما تعتمد في الأصل على مقدار الفرق في زيادة الزيف أو الانحراف البصري الضوئي لطيف اللون الأحمر المسجل ضمن نطاق الطول الموجي للإشعاعات الكهرومغناطيسية القادمة إلى... والمسجلة من قبل المراقب على الأرض مقارنة بذلك المبعوث من قبل المصدر المدروس، ويحدث مثل هذا الزيف أو الانحراف اللوني الأحمر بسبب سرعة حركة المجرات وهي تبعد عن مجرتنا بسرعة عالية جدا تعود أصلا إلى اتساع الكون ذاته.

وبإمكاننا اعتبار نموذج تغير الطول الموجي للإشعاعات الكهرومغناطيسية نتيجة للحركة النسبية بين المجرات والأرض مثالا بينا لما يعرف بتأثير دوبلر (Doppler Effect) (راجع الفصل المخصص لقانون باي - بالو للرياح والضغط ابتداء من صفحة (769) من هذا الكتاب لمعلومات أوفر حول هذا الموضوع)، كما توجد طرق فلكية أخرى لقياس سرعة المجرات المبتعدة عن الأرض وتقدير نطاق تغيرها.

لا ينطبق (قانون هابل) على التجمعات النجمية المنتظمة في مجرة واحدة والتي تتأثر الواحدة منها بقوة الجاذبية التي تسلطها كافة جاراتها عليها كما تؤثر هي عليهن بها. ولهذا التفسير يعود سبب عدم ابتعاد النجوم المكونة لمجرتنا (الطريق اللبني - أو درب التبانة) الواحدة منها عن الأخرى بنفس الصورة التي تبعد بها المجرات الواحدة عن الأخرى.

(1) The Milky Way - وهي المجرة التي تضم تسمنا ومجموعتها من الكواكب بما فيها كوكب الأرض ونحوي ما بين 200-400 بليون نجم ويبلغ عرضها حوالي 100 ألف سنة ضوئية وسكها حوالي 10 آلاف سنة ضوئية. واستمدت اسمها من أسطورة إرضاع (ميرا) لهرقل (أو ميراكليس) وإخفاقها في ذلك وتسرب نبيء من الحليب خارج فمه من صدرها. وتسمى بدرت التبانة من التشييد العربي لما يستقط من التبن الذي تحمله عربات الفلاحين الخشبية إلى مواشيمهم. كما تسمى (بطريق الطيور) في اللغات التركية والنهر المقدس بالهندوسية والنهر الفضلي باليابانية والصينية. (المترجم).

(2) Andromida - أندروميدا - أو NGC 224، M31 - وهي أقرب المجرات لمجرتنا ويمكن مشاهدتها بالعين المجردة وتبعد عنا حوالي 2.5 مليون سنة ضوئية ونحوي على نحو 250-500 ألف مليون نجم ويبلغ قطرها حوالي 150 ألف سنة ضوئية وهي بذلك أكبر من مجرتنا - درب التبانة - أول من ذكرها في مصدر مكتوب هو الفلكي العربي المسلم عبدالرحمن الصوفي سنة 964 للميلاد. (المترجم).

ومن المفيد التوضيح هنا أيضا أن هذا القانون قد ينطبق فقط على مجاميع المجرات والسدم الكونية ولا ينطبق على المجرات المكونة لمجموعة واحدة وذلك لنفس السبب السابق وهو أن المجرات الواقعة ضمن النطاق الجذبوي المشترك لها كمجموعة تتأثر به أكثر من تأثرها بالقوة المفرقة لها حسب (قانون هابل). ولهذا يمكننا القول أيضا بأن الكتلة الفلكية التي تشمل مجموعة المجرات المتقاربة ومن ضمنها مجرتنا نحن - بكامل نجومها - وشريكها في الكتلة النجمية (المجرة الجارة الأقرب لنا والمساء بالمرأة المسلسلة)⁽¹⁾ لا تخضعان لقانون التباعد ولكنهما تتمسكان وتحتفظان بمواقعهما الثابتة ضمن مجموعتهما المجرية، ولكنهما كمجموعة كاملة تبعد عن المجاميع الأخرى المنطلقة إلى أعماق الكون السحيقة كما يتبعدون هم عنها. ولا تمنح حقيقة ملاحظة ابتعاد باقي مجرات الكون عن مجرتنا ومجموعتنا الشمسية وأرضنا أي صفة مميزة لها من المنظور الكوني، فأني مراقب على أي كوكب ضمن أي مجموعة شمسية تابعة لأي مجرة ضمن أي كتلة مجرات سوف يلاحظ ما يلاحظه مثيله على الأرض، وهذا ما تؤكده حقيقة أن الكون بكامل مكوناته وعناصره في اتساع وتوسع دائمين مطردين. لم يكن يملك العلماء والفلكيون في عام (1917) التصور الواضح لطبيعة وأسلوب تصرف المجرات كما نعرفها الآن، إلا أن ذلك العام كان قد شهد بداية إدراكهم وتفهمهم لمبدأ تمدد الكون واتساعه وذلك باكتشافهم لحقيقة فلكية كونية تتلخص بخصوصية تمتع اللون الأحمر من ألوان الطيف الضوئي المرئي الوارد إلى الأرض من المجرات البعيدة بخاصية الجنوح إلى أطراف طيف ذلك اللون كلما أوغلت المجرة المرصودة بالابتعاد عن الأرض، بمعنى زيادة سرعتها النسبية عن المراقب الأرضي. فكلما أوغلت المجرة في البعد، كلما ازدادت سرعة ابتعادها النسبية عنها. ولقد شكلت هذه الملاحظات تحقيق الخيوط الأولى لإثبات (نظرية الانفجار العظيم The Big Bang Theory) والتي يعزى لها تفسير بداية نشأة الكون

(1) تحوي مجرتنا المسماة (The Milky Way) الطريق اللبني أو درب التبانة على 200-400 مليون نجم. وتحوي جارتنا مجرة (Andromida) المرأة المسلسلة على 250-500 مليون نجم.



واستمرار تمدد الفضاء منذ حدوثها.

ولابد لنا من الاستدراك هنا لتوضيح أن حقيقة ابتعاد المجرات عن بعضها البعض وتراخي مواقعها في غياهب الكون الفسيح لا يشبه أبداً نموذج ابتعاد أجزاء وشظايا قنبلة منفجرة بعضها عن بعض. وإنما يشبه حقيقة ابتعاد النقاط المرسومة بعناية على السطح الخارجي للبالون مطاطي ينفخ باستمرار، بمعنى أن ما يزداد فعلاً (حسب تلك النظرية) هو بالحقيقة ليس المسافة الفاصلة بين المجرات ومجاميعها وإنما هو الفضاء الشامل الحاوي لها، فلا يهمل - حسب نموذج ابتعاد النقاط المرسومة على سطح البالون المنفوخ - على أي نقطة منها تكون، فالكُل في تمدد وابتعاد مستمر منتظم نسبة إلى الكل ولا تتأثر سرعة تمدد حيز فضاء معين عن سرعة أي حيز آخر إلا بمقدار ما يتأثر به هذا الفضاء أو ذاك بكمية الجاذبية المسلطة عليه من قبل الكتلة التي تحويه (مرئية كانت أم سوداء لا ترى).

أما (ثابت هابل) فيساعد العلماء على النظر بإمعان ودقة إلى دواخل الكون وأغواره ويمهد لفهم وتوقع تصرفاته لأنه يحوي ضمناً وفعلياً السجل الزمني له، بمعنى أنه يوفر الأسلوب الأمثل لقياس مقدار (تمدّد) الزمن منذ لحظة (الانفجار العظيم)⁽¹⁾ فعمر تمدد الكون يساوي مقلوب ثابت هابل لحقبة زمنية محددة فإذا كان $H = 71$ كيلومتر في الثانية لكل ميكابارسك فهذا يعني أن عمر الكون الاتساعي (وهو العمر الزمني المفترض له منذ بداية شروعه بالاتساع - أي منذ لحظة حدوث الانفجار العظيم - سيبلغ 13.7 بليون سنة، ولكن هذا العمر الاتساعي المفترض للكون لا يعني ولا يعكس إلا حقيقة العمر المتأني من الاتساع والتمدد المنتظم له غافلاً أي تعجيل أو تقليل قد يطرأ أو يتدخل في انسيابية ذلك التمدد. فإذا ما فرضنا احتمالية تمدد الكون (بتعجيل⁽²⁾ - مهما كان) وهذا ما توصلت إليه أكثر الدراسات

(1) إن في النظر إلى أعماق الكون والإيغال في البحث عن المجرات متناهية البعد عما يمكن تشبيهه بمن يقرأ في كتاب تاريخ الكون معكوساً منذ نهايته رجوعاً إلى الخلف على أمل إدراك بدايته، إن استطاع لذلك سبيلاً! (المترجم).

(2) التعجيل Acceleration - يعرف التعجيل في الفيزياء وعلى الأصح في علم الحركة Kinematics بأنه مقدار التغير في الإزاحة بمرور الزمن. وفي علم الميكانيك الكلاسيكي فإن التعجيل = القوة مقسومة على الكتلة (المترجم).

والحسابات العلمية الفلكية المرموقة والمقترحة من قبل أكثر العلماء اليوم، فلا بد أن يكون عمر الكون المفترض المقترح أكبر بكثير مما سبق تقديره على أساس افتراضه مساوياً لمقlob ثابت هابل ($1/H$) الثابت سابقاً. ولهذا تحدث علماء الفلك ومنذ فترة غير قصيرة عن (ثابت هابل المتغير) والذي سبق الإشارة إليه ويرمز له بـ (H_0).

تمكن (هابل) من إيجاد العلاقة التي تحمل اسمه في عام (1929)، وهي العلاقة التي تحكم المسافة الفاصلة بين الأرض وأي مجرة بدلالة مقدار زيغ اللون الأحمر لها وذلك برسمه لمعلوماته المستقاة من دراسة (46) مجرة على شكل خط مستقيم، ولقد أمكن حساب (ثابت هابل)، بمقدار تقريبي بلغ (500) متر بالثانية لكل ميكابارسك من المسافة الكونية الفاصلة بين المجرات، أما القيمة العملية التي نستخدمها اليوم لهذا الثابت في حساباتنا الفلكية فأقل بكثير مما سبق حسابه وذلك بعد اكتشاف وتعديل وإصلاح الكثير والعديد من مصادر الخطأ التي سبق وأن رافقت إجراء القياسات الفلكية لأول مرة والتي تم الاعتماد عليها لوضعه. أما سبب ذلك فيعود إلى حقيقة أن الكثير من النقاط التي استخدمها (هابل) أول مرة لرسم مستقيم سرع تقهقر مجراته الـ (46) واستنتاجه اعتماداً عليها للعلاقة الخطية (الواضحة) بينها كانت قد عانت من زيغ كبير غفل هو عنه، أما سبب ذلك الزيغ فقد عزاه العلماء - فيما بعد - لوجود حركة إضافية (متبقية) امتازت بها المجرات المدروسة، إضافة إلى حركتها وسرعتها الناتجة عن التمدد (الطبيعي للكون). لقد نشر الفلكي الأمريكي [Allan Sandage- 1926] قيمته المصححة المحسوبة لثابت هابل النسبي (H_0) عام (1958)، بمقدار (75 كلم/ثا/ميكابارسك) كما أشرت إلى ذلك سابقاً.

هذا وقد تمكن الفلكيون والباحثون في بداية التسعينات وباستعمال مراقب (هابل)⁽¹⁾

(1) مراقب هابل - Hubble Telescope - المراقب الفضائي الوحيد الذي صمم ليصان من قبل ملاحى الفضاء في موضعه في الفضاء الخارجي دورياً. لن يخلفه وسيفوقه ولكن بعد عام 2014 مراقب جيمس ويل الفضائي JWST - James Well Space Telescope الذي سيعمل بالأشعة تحت الحمراء. (المترجم).



من دراسة (متغيرات سيفيد - Cepheid Variables) وهي عبارة عن نجوم تملك قابلية بعث نبضات خارقة من الموجات الكهر ومغناطيسية أمكن اعتبارها دلالة علمية معتمدة على مقدار لمعانها الداخلي (والذي يعني فلكيا مقدار الطاقة التي تحتويها بدلالة الطاقة التي تشعها) ومن ثم استعمال ذلك كدلالة لقياس مقدار زيغها اللوني الأحمر والذي يمدد بدوره مسافاتها التي تفصلها وسرعاتها التي تبتعد بها عنها، فبالاستناد إلى المعلومات الدقيقة المستقاة من دراسة تلك الأنواع من النجوم وتحديد مواقعها ضمن (31) مجرة مختلفة في أرجاء الكون المحيط بالأرض، تمكن الدارسون والفلكيون من إعادة حساب مقدار ثابت (هابل) النسبي (Ho) وبدرجة دقة تقرب من (10 %)، وباستعمال هذه القيمة الحديثة لذلك الثابت وبحسابات أدق لتأثيرات الأشعة الكونية الميكروية والتي تمثل الخلفية (النشطة) للكون أو الضوضاء الصادرة من عمق الكون وباستعمال الحاسبات الإلكترونية المتطورة أمكن تقدير عمر الكون الحالي بحوالي (13.7) بليون عام.

ولا يتوقع حصيلف انتهاء مفاجآت الكون واكتشافاته، فمع تقدم العلوم الفلكية وازدياد دقة الحسابات الكونية أمكن التعرف على (مادة) جديدة في الكون أطلق عليها اسم (المادة السوداء - The Black Matter) بالنظر لإمكانية الاستشعار بتأثيراتها البيئية عمليا دون إمكانية تحسسها لا على المدى الموجي المرئي ولا على المدى الراديوي الأقصر طولاً أما إثبات وجودها وبما لا يقبل الشك فقد دفع العلماء إلى اعتبارها المسؤول الأول عما لا يقل عن (75%) من التأثيرات الراديوية والموجية والجاذبية والتي تدل على تكوينها للنسبة السابقة من مجمل طاقة الكون وكتلته اللتين تتركزان فيها.

لقد شرعت تلك (المادة السوداء) المجهولة والتي دخلت إلى صلب خلق الكون (بإظهار تأثيرها البين على مجمل المادة المرئية الأخرى) بالإفصاح عن نفسها بوضوح فصارت المسؤولة عن زيادة تمدد الكون ومجراته وابتعادها بعضها عن بعض بسرعة تعجيلية تعمل الآن على مد الكون إلى الخارج بسرعة أعلى وبمسافات أكبر لم يحسب العلماء والفلكيون الأوائل حساباً لها من قبل.

للفضوليين فقط:

- قل من يعلم الدور الحقيقي والمحوري الذي لعبه الفلكي الشهير [ملتن همصن Milton Humason (1891-1972)] في مساعدة (هابل) على وضعه لقانونه الشهير وذلك بمساعدة الأخير بإجراء العديد والعديد من الحسابات الطيفية لنتائجه.
- لم تقم زوجة هابل - بعد وفاته - بأي مراسيم دفن معلنة لجثته، كما أنها لم تشر أو تعترف بما حل بجثمانه أو أين دفن.
- ركض هابل وريح إحدى جولات كرة القاعدة (Base Ball) مع أحد الفرق البريطانية المرموقة عندما كان هناك.

أقوال ماثورة:

- لا مجال للنقاش بأن موضوعه (هابل) الفريدة لتمدد كوننا الذي نعيش فيه وتجريده من حالة السكون التي كان يوصم بها، كانت وبلاشك قد شكلت (ولاتزال) إحدى أسس علم الفلك الحديث، سبقه (كوبرنيكوس) إلى ذلك بنفيه للخصوصية التي طال مناداة الكنيسة بها ألا وهي مركزية كرتنا الأرضية وموقعها المميز والمقدس في الكون، كما وعملت متناقضة أولبر (Olber)⁽¹⁾ التي تقول بظلام السماء أثناء الليل على تأكيد ذلك. لقد دفعت فكرة (هابل) الفلكيين لتنشيط أذهانهم ومراجعة حساباتهم لقبول والعمل على وضع النماذج الفعالة المتحركة للكون والتي نتج عنها افتراض عمر محدد له على مسار زمني معين. أما هذا الإنجاز العلمي فلقد تم بفضل الفكرة الخلاقة التي جاء بها (هابل) أصلاً وهي تقدير المسافة الفاصلة بيننا وبين أقرب المجرات المجاورة لنا... ولولاه ما كان.

هوشرا

John P. Huchra. (The Hubble Constant).

مقتطف من كتابه (ثابت هابل).

(1) متناقضة أولبر - Olber's Paradox - سميت باسم الفلكي الألماني الهادي (هنريخ فلهلم أولبر - Heinrich Wilhelm Olber) الذي وصفها عام (1823). وكان كيبلر (Kepler) قد طرحها قبله في عام (1610) وكان (ألورد كالفن) أول من حلها في مقالة له سبق وأن نشرت في عام (1901). أما المرجع العالمي للموضوع اليوم فيها فهو هاريسون (Harrison) 1987. ونقول بتناقض (ظلام) السماء أثناء الليل مع فرضية الكون اللانهائي المستقر وتوحيدها نظرية الانفجار العظيم. (المترجم).



- لقد وصل هابل وبفضل إنجازاته الفلكية وانتصاراته العلمية إلى قمة الشهرة العالمية حتى ذاع صيته دولياً وذكر اسمه في الكثير من المحافل العلمية والاجتماعية والفنية. لقد أصبح نجماً حقيقياً يضاهي نجوم هوليود شهرة ومكانة بل وصار صديقاً حميماً خلال أعوام (1930-1940) لكل من الدوس هكسلي (Aldous Hexley) وشارلي شابلن (Charlie Chaplin) - وهلين هيز (Helen Hayes) - ووليم راندولف هارتز (William Randolph Hearts).

تيمونك

Michael D. Lemonick, (The Time 100, Edwin Hubble).

مقتطف من كتابه (الزمن 100 : ادون هابل).

- خلق الباربي عز وجل الإنسان وحياه حواسه الخمس التي تعينه على احساس وإدراك ما حوله، وما حول الإنسان مجال واسع يتراوح ما بين إدراكه لكيانه ولطبيعة حياته اليومية وتفصيلها وما بين محاولاته لاكتشاف الكون من حوله والتعرف على مكوناته... وفي ذلك مغامرة كبيرة قد يطلق البعض عليها اسم (العلم).

هابل

Edwin Hubble, (The Nature of Science, 1954).

مقتطف من كتابه (طبيعة العلم).

- لقد أدت المسيرة الصعبة الحافلة التي سلكها (هابل) في حياته إلى إخضاع نفسه لعمليات (إعادة اكتشاف الذات) بل وإعادة اختراعها، (إن صح التعبير) بمعنى إيجاد إنسان مختلف تماماً عما كان وبشخصية مغامرة كليةً عما وجد نفسه عليها وبعيدة كل البعد عما عاش واعتاد عليه. لقد حدث شرح عميق في استمرارية حياة هذا العبقرى فصل ماضيه عن حاضره، هذا الشرح الذي نحتنه ظروف تطوره الاجتماعي والمالي السريع من إنسان عادي بخلفية الوسط الغربي الأمريكي إلى رمز من رموز الحكمة والثراء الأسطوريين، ذي شهرة هوليودية طاغية تمتع بها كما تمتع بها أشهر نجومها. ومن معطيات هذا الشرح (الأليم) نجد أن (هابل) قد تنكر لعائلته وكافة أفرادها وشعر ومارس الترفع عنهم جميعاً وعمق

ذلك الشعور بممارسات عملية يومية حتى أنه حجب زوجته وعائلتها عنهم ومنع أي تزاور أو اتصال بين العائلتين.

كروبر

William H. Cropper, (Great Physicists).

مقتطف من كتابه (فيزيائيون عظام).

ملخص لسيرة حياة المكتشف:

ولد [ادون هابل (Edwin Hubble (1889–1953) الفلكي الأمريكي الذي اشتهر بنظرياته حول تمدد الكون في مدينة مارشفيلد (Marshfield) في ولاية ميزوري الأمريكية لأب متدين اشتغل كموظف في إحدى شركات التأمين، وأكمل دراسته الإعدادية في إحدى مدارس (ولاية شيكاغو) حيث رويت عنه العديد من الأحاديث والأساطير منها تلك التي صاحبت حفلة تخرجه عندما اقترب منه مدير الإعدادية قائلاً له:

((يا بني، يا ادون... لقد راقبتك خلال السنوات الأربع المنصرمة عن كثب ولم أرك تدرس لأكثر من (10) دقائق في أي مرة قط. توقف ناظر المدرسة عن التكلم بنبرة الواعظ وأرخى العنان لعضلات وجهه فاستبشرت أساريره وتفتتت تجاعيد وجهه عن ابتسامة عذبة ارتسمت على كامل وجهه حيث أكمل... (ومع ذلك فإني وعن يقين قاطع أقدم لك منحتك من المدرسة لإكمال دراستك في جامعة شيكاغو)).

باشر (هابل) تمتعه بمنحته الدراسية وانخرط في تعليمه الجامعي وهو بعمر السادسة عشرة في جامعة شيكاغو والتي نال منها شهادة البكالوريوس في الرياضيات والفلك. مارس خلال حياته الجامعية بعض الفعاليات الرياضية والهوايات الصعبة، فأحب ومارس رياضة الملاكمة للوزن الثقيل وبرع فيها إلى الحد الذي استمات معه أحد مدربي اللعبة لإقناعه بممارستها كمحترف ومنازلة بطل العالم آنذاك في اللعبة، ولكن نجم (هابل) وطالعه أبياً إلا أن يخطأ له مستقبلاً أكثر إشراقاً وأسمى منزلة، فاستمر في تحصيله العلمي في كلية (كوينز كولج) في



جامعة أكسفورد البريطانية كأحد طلاب منحة رودس (Rhodes)⁽¹⁾. أما والده (المتعصب) دينيا فقد كان من المعارضين الأشداء للكحول والمسكرات وشاربها إلى الدرجة التي أجبر ولده (ادون) في أحد الأيام على القسم بالأب لا يذوقهما مادام في بريطانيا. أكمل هابل دراسته في جامعة أكسفورد عام (1912) ومنح شهادة البكالوريوس في القانون والمحاماة، وفي العام التالي (1913) فتح مكتباً له لممارستها في ولاية كنتاكي (Kentucky) إلا أن القصص تضاربت بشأن حقيقة ممارسته لمهنته خلال تلك الفترة من حياته، فلقد ذكر (بل برايسون - Bill Bryson) في كتابه: ملخص لتاريخ كل شيء (A Short History of Nearly Everything) ما يلي:

((لقد حبا الله هابل العديد من المواهب العظيمة، ومن سوء الحظ أن تكون موهبته (ككذوب متمرس) من بينها، فعلى رغم ادعائه بأنه كان قد مارس المحاماة في مدينة كنتاكي) خلال معظم العقد الثاني من القرن العشرين، إلا أنه في الحقيقة كان قد قضاها كمدرس مغمور دائم البحث عن بعض طلبة الإعدادية ليذاكر لهم دروسهم لقاء درايهمات معدودة، وتدريب آخرين على لعبة كرة السلة في (مدينة الباني الجديدة) في ولاية انديانا (New Albany, Indiana)).

أما الكاتب روكي كولب (Rocky Kolb) فقد كان أكثر دبلوماسياً ولباقة في وصف تلك الفترة الغامضة من حياة (هابل)، فلقد جاء في كتابه (Blind Watchers of The Sky) ما يلي:

((بعد ثلاث سنوات قضاها في جامعة أكسفورد في بريطانيا عاد (هابل) إلى بلدة لويزفيل - كنتاكي (Louisville, Kentucky) في أمريكا وهي البلدة التي انتقلت إليها

(1) منحة رودس الدراسية - Rhodes Scholarship - أسست عام (1902) حسب وصية (سمل جون رودس - Cecil John Rhodes) وفُتحت في عام (1904). ويمكن هذه المنحة الحاصلين عليها من الدراسة لمدة سنة أو اثنتين أو ثلاثة في جامعة أكسفورد البريطانية وتغطي كافة مصاريف الدراسة والمعيشة. تمتع بها إلى الآن 7000 طالب بقي حي منهم 4000 وتعتبر منحة (كندي) التي بدأت منذ عام 1966 النسخة الأمريكية لها. (المترجم).

عائلته خلال فترة دراسته في بريطانيا، ولكن بدل أن يستعد ويمارس المحاماة فعلاً شأنه شأن كافة الحائزين على منح (Rhodes) والذين درسوا القانون وتدربوا على ممارسة المحاماة، فقد أثر (هابل) أن يختار مهنة أخرى أكثر نبلاً وتأثيراً في حياته وفي حياة من حوله - ولو لفترة محدودة من الزمن - فقرر ممارسة التدريس الإعدادي)).

نال (هابل) إجازته في المحاماة ومارس التدريس، كما أحب الملاكمة وبرع فيها في أثناء فترة دراسته في (جامعة أكسفورد) وحتى بعد أن عاد للولايات المتحدة. وبما امتاز به من تقليب فقد آن الأوان ليحرب حظه في مهنة جديدة أخرى فذهب في عام (1914) إلى مرصد ياركيز (Yarkes Observatory) التابع لجامعة شيكاغو حيث ركز جهده ووقته لدراسة الفلك والنجوم واستطاع أن يثبت كفاءته في هذا المجال حتى تمكن من انتزاع شهادة الدكتوراة في الفلك عام (1917) منها.

لقد كانت الولايات المتحدة على وشك دخول الحرب العالمية الأولى حين تم تجنيد (هابل) واستطاع الارتقاء إلى رتبة رائد في الجيش. ولما عاد عام (1919) بعد انتهائها أراد استعادة شغفه بالمرصد والفلك فالتحق بمرصد جبل ولسون الأمريكي (Mount Wilson Observatory) وشرع بدراسة السدم (Nebulae) وهي عبارة عن تجمعات من الغبار الكوني والغازات التي تعمل على (سد) الفراغ الكائن بين المجرات والنجوم وغالباً ما كانت ترى على شكل بقع مضيئة ساطعة في كبد السماء المظلم. وهناك ومن على مرصد (قمة جبل ولسن) الباردة توصل (هابل) إلى اكتشافه الفريد؛ وهو أن الكثير من تلك السدم لم تكن لتنتهي إلى مجرتنا (الطريق اللبني) وإنما تقع خارجها واستطاع أن يسمو بخياله ويطور من قدراته وحساباته العالمية الفلكية ليدرك بأن تلك السدم لا بد وأن تكون مجرات بحد ذاتها وأن لكوننا الذي نعيش فيه امتدادات لا بد لأذهاننا من الاتساع والتنامي لإدراك وجودها أولاً، وتقييم بعدها وضخامتها ثانية.

كتب ميشيل د. ليمونيك (Michael D. Lemonick) في مجلة (Time) ما يلي:

((لقد بلغ يقين علماء وفلكيي العشرينيات من القرن العشرين مداه بتصورهم واعتقادهم



الجازم بأن كوننا العظيم بكامله لا بد وأن (يوجد) وأن لا يتجاوز مجرتنا الأثيرة التي أطلق عليها ومنذ القدم اسم (الطريق اللبني أو درب التبانة) وهي - كما سبق وصفها - المجموعة الدائرية الحلزونية الشكل والحلوية على بضعة آلاف الملايين من النجوم والتي يبلغ قطرها بضعة مئات الآلاف من السنين الضوئية، ولكن العيون المتطلعة والمصرة على اكتشاف المزيد من الحقيقية والنظرة العبقرية الثاقبة المنطلقة من على (قمة جبل ولسون) الباردة في كاليفورنيا الجنوبية، مع ما اختمر في ذلك الذهن المتوقد والفكر الجسور في رأس هابل أدركت أن فكرة كون مجرتنا (العظيمة والوحيدة!) مجرد ذرة متواضعة ومجرة مغمورة وجدت ضمن بحور ملايين المجرات الأخرى التي تكون تشكيلة أكبر بكثير مما سبق تخيله أو توقعه عند النظر لسماء كرتنا الأرضية المتواضعة، لا بد وأن ترى طريقها إلى النور والقبول علميا في يوم ما... وهذا ما حدث فعلا)).

تمكن هابل في عام (1925) من تصنيف السدم والمجرات استنادا إلى أشكالها ومقادير لمعانها وتمكن من إرساء الفكر العلمي القائل بأن للمجرات أشكالا حلزونية دوارة متشابهة، تمتلك جميعها بؤرة مركزية واحدة تمثل مركزا لدورانها وأن هذا المركز ما هو إلا تموضع كثيف لأعداد هائلة من النجوم تمثل نقطة جذب هائلة تدور حولها كافة النجوم التابعة لأي منها، وأن في الكون من تلك المجرات العدد الهائل المقارب (لعدد حبيبات الرمل على ساحل بحر ممتد). ومن خلال ملاحظاته ودراساته للمجرات تمكن من ملاحظة وإثبات حقيقة ابتعادها عنا وعن بعضها البعض واستطاع أن يثبت أن للمجرات البعيدة خاصية الابتعاد بسرعات أكثر بكثير من المجرات القريبة. ولا بد لنا هنا من الإشارة إلى ألمعية وعبقرية هذه الفكرة والإشادة بوضعها إذ إنها قد شكلت منعطفاً مهماً وخطيراً في تاريخ العلوم بصورة عامة وعلم الفلك على وجه التحديد، إذ لم يتشكل فهم الكون وتصرفه في ذهن الإنسان العالم وإلى حد تلك النقلة، إلا بحالة ستاتيكية ثابتة، ككون مكون من مجرة واحدة تضمن آلاف الملايين من النجوم وكل نجم يحتفظ بكوأكب تدور حوله... وكفى!.

أما الجديد الذي جاء به هابل فهي فكرة (بل حقيقة) ميل الكون إلى التوسع والتمدد نحو

الخارج وأن نسبة ازدياد سرع ابتعاد المجرات عن بعضها تعتمد وبما لا يقبل الشك على زيادة المسافات الفاصلة بينها. لقد كانت جهود (هابل) وحساباته - على دقتها في وقتها ووفق المعطيات التي توصل إليها - تدعو حقاً إلى الدهشة والاحترام رغم الحقيقة القائلة بخطئها - حسابيا ولكن لا من حيث المبدأ - فلقد أخطأ (هابل) بوضع قيمة ثابتة، الأمر الذي أدى إلى استنتاج وضع عمر افتراضي للكون أقل بكثير من عمره الحقيقي وجعله يبدو أكثر (شبابا) من حقيقته، إلا أن القياسات النجمية والحسابات الفلكية اللاحقة أثبتت صحة نظريته واستطاعت أن تضع قيمة أكثر دقة وأقرب إلى الحقيقة لثابت المسمى باسمه.

جاء في كتاب (ثابت هابل) لجون هوشرا (John Hushra) ما يلي:

((لقد نال (هابل) شرف أولوية الإعلان عن حقيقة تمدد الكون في عام (1929). والذي كان قد سجل به سبقاً فلكياً عالمياً عظيماً قل نظيره، رغم الحقيقة الثابتة القائلة بأن العديد من الأبحاث المنشورة لكل من جورجس ليمتر (Georges Lemaitre) و هـ. ب. روبرتسون (H. P. Robertson) كانت قد سبقته في محاولة استعمال معلوماته المنشورة لإيجاد العلاقة بين مقادير إزاحة المجرات والمسافات الفاصلة بينها. يعود الفضل لتمكن (هابل) من وضع اسمه في سجل الخالدين من علماء الفلك إلى طريقته في البحث وإلى اتباعه المنهج النموذجي في الاستقصاء والقياس للمسافات الفاصلة بين المجرات، كما يعود إليه فضله في اكتشاف نوع من (النجوم المتغيرة) والمسماة بنجوم (Cepheid)⁽¹⁾ في المجرة رقم (M31) والتي تمكن من استخدامها (بعقريّة ملفتة) لحساب المسافات، إضافة إلى رسمه ووضع المخططات البيانية التي تحقق العلاقة بين المسافة والإزاحة الأمر الذي أقع بواسطته المجتمع العلمي العريض بصحة ما ذهب إليه وبطريقة لا يرقى إليها الشك)).

(1) النجوم المتغيرة من نوع (سفيد) - Sepheid Variables - عبارة عن مجموعة تحوي في داخلها نجم أصغر عملاق (من نوع I) يمتاز بدرجة علاقة تغيره مع لمعانه بحيث يمكن اعتباره المنار الهادي للمجموعة التي تنتمي إليه. اكتشفه جون كودراك (John Kodrack) في عام (1784). ووصفته رياضياً هنريتا سوان ليفت (Henrieta Swan Levit) في عام (1912). (المترجم).



مثل (الثابت الكوني - The Universal Coustaut) أحد ابتكارات (اينشتين) العلمية الفذة، أما قصة هذا الثابت فتعود إلى طبيعة تصرف نظريته في النسبية وإلى ما أفضى إليه به علماء وفلكيو تلك الحقبة من حقائق رياضية ونتائج رصد كونية. فمن ضمن نتائج النظرية النسبية، وجود حالة انحدار للكون (بما فيه) إلى حالة حركية قد تكون بمعنى ابتعاد مكوناته ومجراته بعضها عن بعض. تلك الظاهرة التي لا بد أن تحدث بصورة (تعجيلية) بقيمة تكبر أو تصغر حسب أحجام مجرات الكون والمسافات الفاصلة بينها. ولكن لما كانت علاقة اينشتين بالفلكيين قد توطدت عبر السنين السالفة لسببين أولهما لعلاقة نظريته في النسبية بقوى الجذب والشد ما بين مجرات الكون وثانيهما لحاجته الماسة لسند علمي تثبت الاكتشافات العلمية والأرصاء الفلكية، إذ لا معنى (لنظرية) فائقة العظمة والجودة دون أن يكون لها صدى ملموساً ونتائج مفهومة في الواقع المختبري المحسوس.

جاهد (اينشتين) لوضع مثل ذلك الثابت لأن فلكيي تلك الحقبة كانوا قد أصروا على أن الكون لا يمثل إلا حالة ساكنة تتحرك مكوناته داخله برتبة معلومة أكيدة دون زيادة أو نقصان، ولهذا فإن في وضع مثل ذلك العامل في معادلاته كان من شأنه أن يؤكد مصداقيتها ومطابقتها للواقع ويرفع من شأنها العلمي وذلك بأن يتصرف (كثابت كوني) مضاد للجاذبية يعادل أثرها ليمنع انكماش الكون نظرياً بالنظر لعدم انكماشه حسب نتائج وإحصائيات الفلكيين عملياً. ولكن ما أن علم (اينشتين) بموضوعة (هابل) واكتشافه بأن الكون يتكون في الحقيقة من ملايين ملايين المجرات ومجاميع المجرات التي ما فتئت تتباعد عن بعضها البعض منذ نشأته الأولى، حتى قرر التوقف عن جهده في صياغة مثل ذلك (الثابت الكوني) والذي سبق أن فكر بوضعه ليحول الكون الذي توقعه نظريته النسبية (وهو كون متحرك فعال امتداداً أو انكماشاً) إلى كون هادئ ساكن لا مكان فيه إلا للحركة الداخلية النسبية بين أجرامه وشموسه. ولقد اعترف اينشتين نفسه فيما بعد بأن تفكيره وعمله على ابتكار ومحاولته لوضع مثل ذلك (الثابت الكوني) كان من أعظم أخطائه النظرية بل ومن شطحاته (الغبية) التي أوشك أن يقع بها.

ورغم عدم ثقة (هابل) أو تأكده من وجود، فضلاً عن صحة النموذج المتمدّد للكون الذي

اقترحه، إلا أن الفضل الكبير يعزى له ولمعادلاته ورسومه البيانية التي مكنت كلا من [جورج كامو (George Gammow 1904-1968)] و[فريد هويل (Fred Hoyle 1915-2001)]

من وضع النموذج المقبول لنظرية (الانفجار العظيم - The Big Bang) المعروفة للكون. لقد بلغ جموح (هابل) ووطنيته مداهما يوم أصر في عام (1942) على التطوع للحرب في الجيش الأمريكي، إلا أن وزارة الدفاع، وقد علمت بمكانته العلمية المرموقة وإنجازاته واكتشافاته الفلكية الغدّة أثرت إلا أن تعيينه كقائد ل سلاح الصواريخ ومن ثم رفعته إلى منصب المشرف الأعلى لمختبرات أنفاق الهواء في ولاية ميريلاند.

لقد عاش (هابل) حياة حافلة بالإنجازات والشطحات والتنقلات بين العديد من الوظائف إلى جانب ولعه الشديد في دراسة الفلك وصياغة قوانين تصرف المجرات، إلا أن الجهود والضغط التي كان قد عرض لها نفسه إضافة إلى عوامل كثيرة أخرى كانت السبب في إصابته بمتاعب جمّة في القلب الأمر الذي طوى به صفحات حياته، وكتب خاتمة سفره بإصابته بجلطة دماغية سارعت بإسداء الستار على قصة حياته الحافلة وانتقاله إلى جوار ربه وذلك في أحد أيام عام (1953). أما زوجته - ولسبب لم يعرف لحد الآن - فلم تفصح عما آل إليه جثمانه، فهي لم تجر أي مراسم دفن له، كما أنها لم تدع أحداً لحضور جنازته، ولذلك فإني على أتم اليقين بأن موقع رفاة هذا العبقرى كان وسيظل مجهولاً إلى الأبد.

وتخليداً لذكرى هذا العالم الفلكي الجليل فقد تم إطلاق اسمه على إحدى فوهات القمر وهي بقطر (85 كيلومتراً). هذه التسمية التي تمت المصادقة عليها من قبل الجمعية العامة لاتحاد الفلكيين العالميين في عام (1964). لقد ترك لنا هابل إضافة لما اشتهر به، تراثاً علمياً غزيراً تمثل بإطلاق اسمه على أو مصاحبته للعديد من النظريات الفلكية والثوابت والأجهزة، ولقد أحصى الكاتب سانداج (Sandage) كل تلك التسميات ونشرها في مناسبة احتفالية مولده المتويزة والتي تكونت في الحقيقة من قائمة طويلة مدهشة من مختلف الإنجازات والمواصفات والمعادلات والأجهزة ضمت طيفاً علمياً يندر أن يصاحب اسم أي عالم غيره وقد يدهشك الاطلاع عليه كما أدهشني، فلقد كتب (سانداج) يقول:



((لقد ارتبط اسم هذا الفلكي بفيض مترام من الإنجازات العلمية فهناك: مجال هابل للممانعة (Zone of Avoidance)⁽¹⁾، ومجرات بمواصفات خاصة تعرف بمجرات هابل كما يوجد تتابع (Sequence) هابل وقانون لمعان هابل للسدم العاكسة ومجالات لمعان هابل للمجرات من نوع (E)، وثابت هابل وزمن هابل ونموذج (Diagram) هابل وعلاقة هابل للانحراف الضوئي المرئي الأحمر ونصف قطر هابل للكون وأخيراً المراقب الفضائي الهائل المعروف باسم (مراقب هابل)⁽²⁾ في مداره حول الأرض)).

ولعل من اللائق بل من الواجب علينا هنا وبمناسبة احتفاليتنا بمئوية ميلاد (ادون هابل)⁽³⁾ أن نستذكر بكل العظمة والاحترام والخشوع هذا العالم الفذ والإنسان الرائع الذي نال وبحق لقب (الفلكي العظيم) ذلك اللقب الذي سبق وأن منح لعلماء أفذاذ عظام كانوا منارات للعلم والفيزياء والفلك في تاريخ البشرية من أمثال (غاليليو) و(كبلر). ذكر كل من (الكسندر أس. شاروف - Alexander S. Sharov)، و(ايكور د. نوفيكوف - Igor D. Novikov) في كتابهما (ادون هابل) هذا العالم وإنجازاته الفذة بفخر واعتزاز فاقا الوصف وعتاه بخصائص وصفات قلما قيلت أو تقال بشأن عالم مهما علت منزلته، فلقد أثر هابل على تفكير وحياة العديد من الفلكيين والعلماء ودفعهم إلى اتخاذ منحاه أساساً للانطلاق فكرياً وعملياً نحو اكتشاف الكثير والكثير من أسرار الكون.

((لقد طرق هابل باب الكون الجديد ففتح له عن مجرات جديدة وسلم عديدة فكان أول من تقدم موكب العلم والعلماء لولوجه.. كان ذلك حينما تمكن من إثبات أن تلك السدم والمجرات والتي تقع خارج مجرتنا الأثرية - درب التبانة - ما هي إلا تجمعات

(1) Zone of Avoidance (ZOA): وهو المجال الفلكي المحجوب عن المراقبة البصرية والراديوية من قبل مجرتنا (درب التبانة) ذاتها. (المترجم).

(2) مراقب هابل الفضائي - The Hubble Space Telescope - هو أحد التلسكوبات الفضائية ولكنه أكثرها قابلية وتنوعاً. يسمح بدراسة السماء وتصويرها بدقة بدون أي حليقة ضوئية. وزن 11,110 كيلوغرام وأطلق إلى المدار عام 1990 بعد العديد من المصاعب والمشاكل وسيستمر في عمله حتى عام 2014 - (المترجم).

(3) هو [ادون هابل (Edwin Powell Hubble (28, Sep. 1953 - 20, Nov. 1889)]. (المترجم).

نجمية ومجرات لولبية قائمة بذاتها تشابه ولحد كبير مجرتنا ذاتها بنجومها ومجاميعها الشمسية، ومع أهمية ذلك الاكتشاف إلا أن الأهم والأكثر تأثيراً على تصورنا وتصور العلماء لواقع الكون الذي نعيش فيه كان إثباته لوجود ظاهرة الزيف اللوني النجمي في طيف اللون الأحمر للضوء المنطلق من المجرات والسلم البعيدة والواصل إلى الأرض... بمعنى أن الكون كان أصغر حجماً وأقل عمراً قبل طرق (هابل) لبابه، ولكن بعد الوهلة الأولى تبين أن للكون حقيقة مغايرة تماماً عما سبق تصوره، فهو كون ثوري متغير مترام بأكثر مما في استطاعة هذه الكلمة استيعابه وقد تغير إلى الدرجة التي سمح بها لوجود الإنسان وتطوره على الأرض. وبسبب كل هذه الحركية وهذا التحول لا يكاد أحد يشك اليوم بوجود حضارات أخرى في أرجاء هذا الكون المترامي سواء في هذا الركن أو ذاك. ولهذه الأسباب ولكتير غيرها نجد أن مظاف ومنزلة (هابل) قد رفعت من قبل كافة العلماء والفلكيين إلى المنزلة الموازية لمنازل كوبر نيكوس وغاليليو غاليلي)).

أكد (جون كرين - John Gribbin) مؤلف كتاب (مولد الزمن - The Birth of Time) حقيقة كون (هابل) مكتشفاً ومراقباً دقيقاً أكثر من كونه رجلاً عني بوضع النظريات أو تخيلها حين كتب قائلاً:

((لم يشأ ولم يساهم (هابل) حقيقة بوضع أي نظرية تخص الفلك أو الكون أو غير ذلك من المواضيع أبداً، رغم العلاقة الوثيقة التي وضعها مؤرخو علم الفلك اليوم بين اسمه وبين نظرية (الانفجار العظيم - The Big Bany Theory). لقد اختار أن يكون فلكياً مراقباً واجتهد على تسجيل وتدوين ملاحظاته بالدقة التي توفرت لديه، فهو لم يعر اهتماماً لأي نظرية ولم يسجن ذهنه ولا تفكيره ضمن أي حدود ولم يحاول قوقعتهما ضمن أي نظرية معروفة سلفاً أو أخرى يتوق إلى وضعها لاحقاً، فلقد قرر وبثبات ترك ذلك لآخرين دونه... وقد نجح في ذلك أيما نجاح. ولعل اعتداده بنفسه وبمعطياته لم يتجاوز فقط حقيقة إهماله لما وضعه غيره من نظريات وإنما انعكس أيضاً على شخصيته وتصرفاته فكان دائم المبالغة بمستواه الاجتماعي، فبرغم تواضعه



المعروف في مجال الفلك، إلا أنه كان نادرا ما يفوت فرصة سانحة أو مناسبة طارئة دون الإشادة بمنجزاته وأعماله خارجه)).

وفي مقالة أخرى أيد (برايسن - Bryson) التقييم النفسي والعلمي لـ (هابل) والذي كان قد ذهب إليه (كرين - Gribbon) حين كتب يقول:

((نعم، لقد فاق (هابل) المراقب في إمكانياته (هابل) المفكر، فهو لم يتمكن فوراً من تقدير قيمة وتصور إمكانية تطبيق ما استطاعت أرقامه ورسومه من التنبؤ به. لقد مرت الأيام وتراكت المعطيات و(هابل) منهمك في مراقباته وتسجيلاته دون أن يظهر أي ميول أو إمكانية - ولو ضئيلة - لاحتتمال صياغة معطياته وأرقامه شديدة الأهمية على شكل نظرية تعرف باسمه رغم توفر كل الحظوظ التي كان بالإمكان أن توصله إلى ذلك. ولكن على العكس فقد شاءت الأقدار أن تنقاد المعطيات التي سجلها (هابل) وعمل على تنظيمها لأحد الزاهدين البلجيكي (وهو جورجس ليمتر - Georges Lemaitre) والحائز على جائزة الدكتوراه من معهد مساجوست (MIT) للتكنولوجيا لتصميم وإطلاق نظريته التي خلطت علم الفلك ونثرته نثرة واحدة مشابهة لانطلاق الألعاب النارية ليلة عيد الاستقلال، والتي جاءت بموضوعه إن الكون كان قد بدأ كنقطة هندسية انفجرت كبقعة ثم كحلقة ضوء صارت كرة لاتزال وستظل تمتد وتمتد منذ إذن وإلى الأبد)).

ولعل من الملائم هنا وقبل أن أختتم هذا الفصل الشيق الحافل والذي خصص (لهابل) أن أشير إلى أن مفهومنا العلمي والفلسفي حول الكون وكيفية نشوئه وهيئته وما سيؤول إليه كان قد تغير تغيراً جذرياً خلال القرون الأربعة المنصرمة.

لقد آمن الكثير من المفكرين والدارسين إبان حقبة [غاليليو غاليلي Galileo (1564-1642)] بأن الأرض هي مركز الكون وهي بذلك لا بد وأن تشكل مركز الخلق والخلقة (كيف لا وقد وجد الإنسان عليها؟! ولكن هذه النظرية الجذابة الرائعة - في عقول علماء وعامة القرون الوسطى - سرعان ما ذبلت وتلاشت كهشيم الأرض

تذروه الرياح وأخلت موقعها لنظريات أخرى تقول، بمركزية الشمس وريادتها للكون فهي أكبر، ولما تلاشت هذه النظرية أيضاً وخفت ضياؤها، تم استبدالها بالمجرة كمركز مرموق للكون فهذه ولاشك أكبر. أما اليوم فيدرك آلاف الدارسين والباحثين والعلماء وحتى الهواة، وبفضل العديد من المراقب الفضائية بأن مجرتنا المسماة (الطريق اللبني) ما هي إلا باب فُتح على العديد والعديد من النجوم بأنواع وأشكال وأطياف مختلفة تلاشت معها قدسية شمسنا العزيزة واختزلت إلى مجرد نجمة متواضعة صفراء ذات شعاع متواضع تحتل مكانها ما بين حوالي (200) بليون نجمة تكون مجرتنا التي يمكن أن توصف بالصغيرة مقارنة بما في الكون من مجرات عملاقة قد لا تُقارن مجرتنا حجماً ولا طاقةً بها.

لقد شرحت في كتابي (نجوم السماء) ما يعنيه مبدأ مركزية مجرتنا في الكون والذي يعكس نفس المفهوم والمنزلة التي سبق وأن احتلتها الشمس والأرض من قبلها في تطور الفكر الفلكي الإنساني، أما الآن فقد آن الأوان وفي بداية القرن الواحد والعشرين أن ندرك بأن هذا المبدأ أو هذه الحقيقة التي ألحقت بمجرتنا ما هي إلا نقطة صغيرة أو درجة من درجات المركزية التي اعتز الفكر البشري بوضع نفسه وما يعتقد في كسابقاتها عبر العصور. ولكن هذا المبدأ ما لبث أن تهاوى كسابقيه في عشرينيات القرن الماضي على يد (هابل) الذي أثبت (وبما لا يقبل الشك الآن) بأن مجرتنا لا يمكن أن تكون الأولى ولا الأخيرة في هذا الكون المترامي دائم الاتساع⁽¹⁾. وكخلاصة لعظمة الكون⁽²⁾ لا بد وأن نقر وفقاً لأدق الحسابات والتوقعات الفلكية بأنه يحتوي⁽³⁾ على مجرة واحدة مقابل كل شمس في مجرتنا ذاتها، ولا بد أمام هذا الحشد الهائل من المجرات والنجوم أن نحاول إيجاد العذر اللائق لعلماء وفلكيي القرون الأربعة الماضية

(1) والذي ما فتئ يشع حتى ينطق بالآيات التي تعكس عظمة موجدته وخالفه جل وعلا وسيظل يسبح له. ﴿والسما بيناها بأيد وإننا لموسعون﴾ سورة الذاريات، آية (47). (المترجم).

(2) ناهيك عن التفكير بعظمة خالقه (سبحانه وتعالى). (المترجم).

(3) الكون المرئي - The Visible Universe - ونعني المحسوس به ضوئياً وراديويّاً ناهيك عن وجود الكون (غير المرئي) والذي أمكن التوقع بل والتأكد من وجوده وتأثير جاذبيته على بقية الكون والذي سمي بالمادة السوداء، والتي يعتقد أنها تشكل حوالي 75% من مجمل الكون المدرك حالياً. (المترجم).



والذين لم تعد قابلية أذهانهم حقيقة تصور الأرض (ومن بعدها الشمس) إلا كساكن وحيد في الكون، ولو أنهم كانوا قد علموا ما علمنا لاختلطت عليهم مفاهيم الكون وأسرار السماوات. ولعلي أرى من خلال معطيات القرون الأربعة الماضية، وتطور العلوم وعلوم الفلك خلالها... أن ما سيديده الكون من عظمته لذهن الإنسان خلال القرون الأربعة القادمة لا بد وأن يفوق ما سبق وأن أبداه له في قرونه الأربعة السابقة على الأقل فيما يخص التغيير الجذري الذي ستشهده نظريات بناء ونشوء الكون ذاته. لقد انقضت وماتت الواحدة تلو الأخرى كل الأفكار المركزية التي نادى بها وأثبتها (رياضيو) العقل البشري على مر العصور⁽¹⁾، وعلى علماء المستقبل أن يحتاروا لـ (ضحالة وخطأ) عقول وحسابات علماء وقتنا الحاضر...!!

أما سبب ظهور وأفول النظريات والأفكار العلمية والفلكية منها على وجه الخصوص فيعود في الأصل إلى سببين: تطور الذهن البشري من الناحية الفكرية النظرية من جهة وتطور التقنية وتكنولوجيا الصناعات من جهة ثانية الأمر الذي أدى إلى تفتق الأول عن أفكار واختراعات وآلات ووسائل أمكن تحقيقها بالتكنولوجيا المتطورة أدت إلى إمكانية سبر أعماق جديدة في الفضاء حولنا وتصويرها واستنباط خرائط كونية جديدة لها. ولعل على رأس التوقعات الثورية القادمة هي فكرة إزاحة المركزية حتى على كوننا الحالي (والذي لم تتمكن لحد الآن - ولو نظريا - من إدراك منتهاه)، وبما يمكن أن يتوفر لدينا من معلومات خلال هذا القرن الجديد (القرن الواحد والعشرين) فلا أشك في أن فكرة مركزية الكون الذي نعيش فيه وبأنه يشكل كل ما في الكون الحبيب، لا بد وأن تخلي موقعها لفكرة جديدة أخرى مفادها وجود أكوان أخرى تشاركنا الوجود⁽²⁾... والتي قد لا ندرکها خلال فترة حياتنا خلال العشرين أو الثلاثين سنة القادمة.

(1) لقد أوشك أن يصبح من المسلمات (على الأقل خلال حقيقتنا الزمنية هذه) ومن أجل حل معضلات تتعلق (بالتيترو) وتطبيقات نظرية الأوتار The String Theory لتفسير نشوء الكون أن يفترض وجود أبعاد تفوق البعد الرابع (قد تصل إلى 11 بعداً وأن يفترض وجود عوالم وأكوان موازية لا حصر لها لكوننا الذي نعيش فيه وتساعد مثل هذه الحلول الرياضية على تفسير دقائق نظريات الفلك الحديثة أو لتحديث نظريات النسبية والكم لتطابق توقعات عوالم لم يسبق التفكير بها كالثقوب السوداء وحافات الكون أو حتى لتوحيد قوى الكون المتناقضة كالجاذبية الكبرى (بين الكواكب والمجرات) والجاذبية الصغرى (ما بين جسيمات الذرة الواحدة) ضمن نظرية موحدة واحدة. (المترجم).

(2) Multiverse(s). (المترجم).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

- Bryson, Bill, *A Short History of Nearly Everything* (New York: Random House, 2003).
- Christianson, Gale E., *Edwin Hubble: Mariner of the Nebulae* (Chicago: University of Chicago Press, 1996).
- Gribbin, John R., *The Birth of Time: How Astronomers Measured the Age of the Universe* (New Haven, Conn.: Yale University Press, 2001).
- Hall, Stephen, *Mapping the Millennium* (New York: Random House, 1992), p. 21.
- Huchra, John P., "The Hubble Constant," Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics; see cfa-www.harvard.edu/~huchra/hubble/.
- Kolb, Rocky, *Blind Watchers of the Sky* (New York: Basic Books, 2006).
- Lemonick, Michael D., "The Time 100: Edwin Hubble," *Time*, March 29, 1999; see www.time.com/time/time100/scientist/profile/hubble.html.
- Livio, Mario, "Hubble's Top 10," *Scientific American*, 295(1): 43-38, July 2006.
- Pickover, Clifford, *The Stars of Heaven* (New York: Oxford University Press, 2001).

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

– تعتبر الرياضيات – كلغة للتعبير وصياغة قوانين الفيزياء هبة مذهشة لبني البشر، لم ولن يفهموها ... وهم أصلاً لا يستحقونها! ولعل خير ما يجب القيام به هو البقاء أوفياء شاكرين لها وأن تبقى معنا صالحة نافذة لتعينا على ما يخبئه لنا المستقبل من أبحاث، داعين لها بالاستمرار والتطور سواء نحو الأفضل أو نحو الأسوأ فقط لننعم بالسعادة.

واكثر

Eugene Wigner, (The Unreasonable Effectiveness of Mathematics).

مقتطف من كتابه (الكفاءة - غير المبررة - للرياضيات).

– إن اعتقاد الأطفال بأن سنهم اللبني سيستبدل بآخر دائمى عند رميهِ نحو الشمس حقيقة كما أن قوانين الفيزياء التي ندرسها ونستخدمها حقيقة. إن قوانين لعبة كرة القدم حقيقة شأنها شأن الصخور التي نراها في الحقل المجاور لمنزلك فهي حقيقة أيضاً. ولكن عليك أن تعلم بأن الحقائق الأربع التي ذكرتها (حقيقية) ولكن بطرق مختلفة.

ما أعنيه هنا هو أن حقيقة قوانين الفيزياء كحقيقة يشابه جوهر وجود الصخور كحقيقة فكلاهما



موجود كائن اجتهد الإنسان لتصور طريقة تصرفه ونجح في ذلك، كما أن كلا الحقيقتين السابقتين تختلفان جوهرياً عن حقيقتي قوانين كرة القدم وأسطورة السن اللبني، تختلفان من ناحية أن المجموعة الأولى لم توجد من قبل الإنسان فإنهما كانتا قبله وستظلان بعده بعكس الأخيرتين اللتين أوجدهما الإنسان بنفسه. ما أريد الوصول إليه هو أن قوانين الفيزياء، شأنها شأن الصخور عبارة عن حقائق معروفة بالدلالة أي أنها تعبير (حقيقي) لحقيقة موجودة أصلاً، وإذا ما حدث يوماً ما وأن اكتشفنا أي حضارة عاقلة أو مخلوقات منطقية ورياضية التفكير على أي من الكواكب النائية واستطعنا بطريقة ما من ترجمة أعمالها العلمية إلى لغاتنا المفهومة، فلا بد حين ذاك أن نكتشف أن قوانين (فيزيائهم) بما أنهم يسكنون كوننا الحالي المشترك مهما بعدوا عنا وبأي شكل تجسدوا لا بد وأن تكون ذات قوانين (فيزيائنا) نحن، وهذا ما أعنيه بـ (الحقيقة الموضوعية) التي تشمل الكون بأسره.

واينبرك

Steven Weinberg, (Sokal's Hoax), The New York Review of Books, August 8, 1996.

مقتطف من كتابه (خدع سوكال).

– نحن (نرى) الحقيقة كما تُصورها لنا (أفكارنا) وبناء على ذلك فلا بد (لأفكارنا) أن تشارك، وعلى طول الخط بإعطاء الشكل والخصوصية والتصور الذاتي (لأنفسنا) وللحقيقة ككل من خلالها وهي التي تضعها أمامنا – وبساطة – (كفكرة).

والآن هل تعلم (الفكرة) حقيقة ما تقدمه لنا من تسهيلات وما لها علينا من فضل؟... بالطبع لا! فالفكرة شيء (مجرد)، هي عمل أو فعالية أو تفاعل يقوم بها الدماغ وتنتج عنه وهي بذاتها لا تفكر (ولا تعتقد) أنها تقوم بأي شيء لنا أو لغيرنا! وهنا باعتقادي يوجد مكن الصعوبة، فلا بد لنا أن نتوصل إلى الإدراك الملموس ونشعر ونطور إلى الحد الذي يمكننا من إدخال (الفكرة) ذاتها إلى منظومة الحقيقة وألا ندعها تحوم حولنا فقط كعنصر مجرد (نفكر به) وإنما أن تكون فكرة بمعنى عنصر (نفكره) بذاته! والآن هل عرفت الفرق بين (الفكرتين)؟ وهل فهمت ما أعنيه بالضبط؟!

بوم

David Bohm, (On Creativity).

مقتطف من كتابه (الإبداع).

- ما الكون؟!... الكون هو الفضاء الخارجي، هو المكان الأمثل والأصلح كمختبر للفيزياء الفائقة، الكون نافذة للاطلاع على نهايات ما يمكن أن تكون عليه الأجواء والأحوال والمسافات، وما يمكن أن تبلغه الحرارة من درجات خيالية (زيادة أو نقصاناً) والكتل من قيم نهائية والضغط من مناسيب فلكية والتي غالباً ما لا يمكن لأي مختبر على الأرض من مجاراتها، أو على الأقل ليس بالسهولة التي في متناول الجميع. ولعل من المدهش أن نستنتج أن كمية جسيمة ومقداراً هائلاً من العلوم التي نفهمها ونعتمد عليها اليوم كانت قد نشأت كحلول لمشاكل فضائية فلكية. أما ما يخص أيّاً من الاكتشافات العظيمة في مجال العلوم الأساسية الصرفة والجسيمات الابتدائية، فقلما يذكر لنا تاريخ العلوم أي توقع ضاف أو تصور شاف من قبل أي من أولئك العلماء والمكتشفين لنتائج وتأثيرات أي من اكتشافاتهم تلك على أي من أحداث أو ضروريات حياتنا اليومية.

بركمان

William T. Bridgman, (The Cosmos in your Pocket, How

Cosmological Sciences Became Earth's Technology)

مقتطف من كتابه (الكون في متناولك).

الباب الثالث

المتنافسون العظام



المتنافسون العظام

(... وفجأة جمعت أفكار الفلسفة والخيال مع روعة الفيزياء والكمال مضافاً إليهما عرق الكفاح ورعب السلاح. لقد أصبحت $E = mc^2$ رمزا عظيما (يجمع كافة التطبيقات العلمية) كُتبت بصورة لم يسبق لها مثيل، قبل أن تجد لها في عالم التجارب أي دليل. لقد حوت هذه المعادلة كافة طموحاتنا وآمالنا وأحلامنا لفهم الحقيقة، بل وحتى كوايسنا عن الدمار وبشاعته ضمن حروف قليلة خطها قلم...)

كائيسون

Peter Galison, (The Sixtant Equation) in Grahem Farmelo's It Must Be Beauliful.
مقتطف من مقالة له مشار إليها في كتاب كراهام فارميلو (إنها لثاقنة! لا بد من ذلك!).

(لا أشك مطلقا في قدرة المولى عز وجل على تغيير قوانين الطبيعة وإمكانية خلق عوالم أخرى بأشكال مختلفة وفي عدة أماكن من الكون.)

نيوتن

Isaac Newton, (Questions) From Opticks.
مقتطف من كتابه في (البصريّات).

يحتوي هذا القسم من الكتاب على ترسانة عظيمة من القوانين العلمية التي تفخر بحملها لأسماء مكتشفها، قد يكون بعضها أقل شيوعا من بقية القوانين في متن هذا الكتاب أو أقل شهرة أو استخدمها منها، كما أنه قد يحتوي على بعض القوانين الخاصة بالعلوم البيولوجية - الحياتية - والتي حرصت على وضعها فيه. قد تكون بعض هذه القوانين أساسية فعلا ولكنها في المقابل قد تكون أكثر تعقيدا أو أقل بساطة من سابقتها، كما قد لا تتمتع بعضها بصفة (القوانين) في العديد من المصادر التي تطرقت إليها. لقد استمتعت - شخصيا - بالبحث عن القوانين التي سأسردها فيما يلي، كما استمتعت باكتشاف العشرات من الكتب الشيقة التي عنت بشرحها ومناقشتها والتي ألحقت قائمة قصيرة بها في نهاية هذا الفصل. لقد سردت أكثر من صيغة وذكرت أكثر من تعريف لبعض تلك القوانين استنادا إلى وجهة نظر هذا الكتاب أو ذاك والذي عني بدراسة هذا القانون أو ذاك. وباختصار يمكنني اعتبار هذا القسم مناقشة مبسطة سلسلة لبعض القوانين المهمة والتي تختلف بأسلوبها وهيئتها وشرحها عن باقي القوانين التي ضمتها دفني هذا الكتاب، حيث قصدت أن أجعل منها مجرد نقطة شروع ومنصة انطلاق لنقاش أوسع ودراصة أعمق لها في

كتب قادمة. وكلني أمل أن يسعفني القدر بالوقت الكافي والعزيمة القادرة على إعادة صياغة هذه القوانين ومناقشتها باستفاضة أعمق في المستقبل.

لقد تم اكتشاف القوانين التالي ذكرها - شأنها شأن معظم قوانين هذا الكتاب - ضمن الفترة الزمنية الواقعة ما بين القرنين التاسع عشر والعشرين (1800-1900) من قبل علماء أوروبا الغربية على الأغلب، وهذا ويلخص الجدول رقم (12) الحصة التاريخية لعدد ونسبة هذه القوانين، كما يوضح الجدول رقم (13) حصة مختلف الأقطار الأوروبية منها حسب مسقط رأس مكتشفها أو المكان الذي عاش فيه، ولعلك ستلاحظ أن إثبات انتماء هذا المكتشف أو ذاك قد تخضع لوجهة نظر هذا المصدر أو ذاك سيما إذا كان المكتشف المعني قد ولد في بلد وعاش وعمل في آخر، ولهذا فلا أرى بأساً من اعتبارها مرجعاً عاماً ليس إلا، أما إذا ما صادف أن وضع أحد المكتشفين أكثر من قانون واحد فقد تم ذكره مرة واحدة فقط.

الجدول رقم 12:

| قائمة توزيع المتنافسين العظام حسب أزمتهم | |
|--|-----------------------|
| الفترة الزمنية | عدد القوانين المكتشفة |
| 1600-1700 | 2 (4.25%) |
| 1700-1800 | 2 (4.25%) |
| 1800-1900 | 28 (59.5%) |
| 1900-2000 | 15 (32.0%) |

الجدول رقم 13:

| قائمة توزيع المتنافسين العظام حسب أقطارهم | | | |
|---|-------|----------|--------------|
| القطر | العدد | القطر | عدد القوانين |
| فرنسا | 15 | النمسا | 2 |
| بريطانيا | 12 | روسيا | 2 |
| ألمانيا | 10 | سويسرا | 1 |
| الولايات المتحدة الأمريكية | 7 | الهند | 1 |
| هولندا | 3 | أيرلندا | 1 |
| إيطاليا | 2 | الدنمارك | 1 |

الفصل الأول
قوانين الحقبة الزمنية
(1600 - 1700)



القرن السابع عشر الميلادي

قانون تذبذب مرزن - Mersenne's Law of Vibration

قانون خاص يحكم ذبذبة وتر ما مع طوله ونوع المادة المصنوع منها. اكتشفه رجل الدين والفيلسوف والرياضي الفرنسي أمارن مرزن
[Marin Mersenne (1588.1648)]

والذي غالبا ما يُكَنَّى (بأبي الأصوات)، في نطاق الإزاحات الصغيرة - وينص على تناسب الذبذبة الأساسية لوتر متجانس طرديا مع الجذر التربيعي لتوتره وعكسيا مع الجذر التربيعي لكتلته وطوله. تمثل هذه العلاقة السر الكامن وراء براعة صناعة آلة البيانو الموسيقية وتفسر المدى الواسع للألغام التي يمكن عزفها عليه، ولا تعتمد صناعة أوتار هذه الآلة على تغيير أطوالها فحسب، فقد يؤدي ذلك إلى الحاجة لجعل أطول أوتارها يفوق اصغرها بمئة وخمسين ضعفا وهذا ما لا يمكن تطبيقه عمليا ولهذا يعتمد صناعها لاختيار أوتارها من مواد مختلفة وبأوزان وأطوال وكثافات متباينة والتلاعب بقوة شدها على خشبتها حسب قانون (مرزن) وذلك للحد من الحاجة إلى الاعتماد على تغيير أطوالها وحسب للحصول على نغماتها.

[انظر كتاب - العلم والموسيقى - لجيمس جينز (Science and Music)، James Jeans].
امتاز (مرزن) بكونه رياضيا فرنسيا نطاسيا فذاً شديد التدوين، أثر ممارسة اللاهوت ودراسته بعمق إضافة إلى كونه فيلسوفا ومنظرا بالأرقام ناهيك عن انضمامه إلى جماعة القساوسة الرهبان. أما أهم ما آمن به (مرزن) ونادى به فهو أن عظمة الله (عز وجل) ما كانت لتزعزع حتى لو أنه سبحانه كان قد خلق عالما واحدا فحسب، لأنه لا بد وأن يكون عالما لا نهائيا بكافة تفاصيله. امتازت بواكير مؤلفاته بطابعها الديني البحت وناقشت أفكاره مسائل معمقة دارت حول نفي مفاهيم الشك والإلحاد.

قانون تورشيلي لإفاضة الموائع

TORRICELLI'S LAW OF EFFLUX

[أيضا نجلستا تورشيلي (1608 - 1647) Evangelista Torricelli]:

رياضي وفيزيائي إيطالي لمع اسمه كمخترع لمقياس الضغط الجوي (البارومتر أو المضغط). نص (قانون تورشيلي) على أن سرعة إفاضة سائل من ثقب تحت مستوى سطحه تساوي سرعة السقوط الحر لجسم من أعلى سطح ذات السائل إلى مستوى عين الثقب، فلو فرضنا وجود الثقب في خزان سائل على عمق مقداره (h) من سطح السائل في مكاننا حساب مربع سرعة فيض السائل منه بالمعادلة التالية:

$$V^2 = 2gh$$

حيث تمثل (V) سرعة الإفاضة

و (g) ثابت التعجيل الأرضي

علما بأن هذا القانون يفترض إمكانية إهمال تأثير لزوجة السائل المستعمل في التجربة. أما مقدار الإفاضة أو كمية السائل المندفع خلال فتحة ذات مساحة مقطع معلومة فيحددها القانون التالي:

$$q = a v$$

حيث (q) تساوي كمية السائل المندفع خلال فتحة ذات مساحة مقطع معلومة تساوي (a). لقد سبق إطلاق اسم (قانون ليوناردو دافنشي) على هذه العلاقة ($q = av$)، وقد يعود سبب ذلك إلى حوالي عام (1500) حين ثبت العبقرى الإيطالي ملاحظته حول ازدياد سرعة جريان تيار الماء في نهر عند وصوله لمضيق في مساره، كما تمكن من مناقشة وإثبات حقيقة أن حاصل ضرب سرعة تيار أي نهر في المساحة السطحية لمقطعة لابد وأن تكون قيمة «ثابتة» عند أي نقطة على مسار جريانه. وتمثل هذه العلاقة حقيقة ضرورية ثابتة ألا وهي حفظ كتلة ماء النهر على طول مجراه بغض النظر عن عرضه أو عمقه. وقد يطلق اسم ثالث على هذه



العلاقة ألا وهو (قانون الاستمرارية) وقد يكتب كذلك على الشكل التالي:

$$\text{ثابت } a V =$$

وحسب مقالته المنشورة في عام (1502) والمقتطفة من كتاب (روبرت فلب بندكت - Robert philip Bonedict) المعنون (أسس الحرارة والضغط وأسس قياس جريان السوائل) فقد أمكن إثبات نسبة القول التالي إلى ليوناردو دافنشي:

(لا بد لأي نهر - وعلى طول مجراه وخلال زمن ثابت - أن يسمح بمرور كمية محددة معلومة متساوية من الماء خلاله بغض النظر عن سعته وعمقه وانحداره وخشونة قاعه والتواء مساره). ورغم حقيقة أن ليوناردو دافنشي لم يتمكن حينها من صياغة المعادلة الصحيحة لتوقعاته وتقييمه وهي ($q = a v$) إلا أن الكثير من العلماء والباحثين الموقنين بعقريته لم يتردوا بنسبتها إليه. أما الحقيقة التاريخية الثابتة بشأن وضع هذه العلاقة المهمة والمسماة (بقانون الاستمرارية) فتعود إلى الراهب وخبير الموائع الإيطالي (بنديتو كاستيلي (Benedetto Castelli (1578 - 1643) والذي كان قد استطاع فعلا من وضع الصيغة الرياضية لذلك القانون في عام (1628).

ولا بد لنا في هذا المجال من الإشادة بكثير من المصادر الأخرى والتي تعزي الاكتشاف الأول لهذا القانون إلى المهندس والمصمم المعماري [العالم الإسكندري هير و Hero of Alexandria (10 - 70 A. C)] والذي عاش في الإسكندرية بمصر خلال الحقبة التاريخية التي أعقبت سطوع نجم (الإسكندر العظيم) والذي كان قد سبق (ليوناردو) و(كاستيلي) بقرون.

لقد درس العديد من العلماء والباحثين تأثير شكل فتحة تصريف السائل وتأثيرها على إزاحة⁽¹⁾ فيض سائله في قانون (تورشيلي) فوجدوا أنه لا يمكن تطبيق هذا القانون على أشكال الفتحات

(1) هامش لغير المختصين: الإزاحة (Velocity) - مصطلح اتجاهي (Vector) يعني السرعة (Speed) باتجاه معين - (Dire tional Quantity).

المربعة أو عند اكتساب السائل لإزاحات عالية جدا (وذلك بسبب ميله لتكوين الدوامات في مساره) إلا بعد إدخال التعديلات اللازمة عليه لاستيعاب مثل تلك الحالات الخاصة. (راجع كتاب - تاريخ وفلسفة ميكانيكا الموائع - ل. ج. ا. توكاتي (G. A. Tokaty).
لقد لمع اسم (تورشيلي) مرة ثانية في حقل الرياضيات كما سبق له أن لمع في حقل الفيزياء وذلك عند اكتشافه لما يسمى (بصور تورشيلي)⁽¹⁾: وهو عبارة عن جسم رياضي يشبه البوق يمكن إحداثه بدوران الدالة التالية حول محور السيني.

$$f(x) = 1/x \text{ for } x \in [1, \infty]$$

لقد شرح جون دي فليس (John de phillis) في كتابه الموسوم (777 رياضيا فصيحا) وبطريقة رياضية فذة ومفهومة إمكانية صب الطلاء الأحمر في (بوق تورشيلي) حتى امتلائه وبإثباته ذلك استطاع أن يطلي داخل البوق (اللانهاية المساحة) بكمية (نهائية) من جزيئات الطلاء. أما اليوم فبإمكاننا فهم حل هذه المتناقضة إذا ما تذكرنا أن (بوق تورشيلي) ما هو إلا جسم رياضي وأن العدد (المحدود) من جزيئات الطلاء التي صبت داخله وملائته هي في الحقيقة تقريب رياضي لمجموع النقاط التي تمثل حجمه المحدود.

لقد بُهر (تورشيلي) باكتشافه لذلك الجسم (الأعجوبة) ذي الطول والمساحة السطحية اللانهائيتين وذي الحجم المحدود، وثبتها كمتناقضة بالنظر لحقيقة عدم تمكنه من أدوات

(1) صور أو بوق تورشيلي: Torricelli's Trumpet أو ما يسمى أيضا بصور جبرائيل عليه السلام (Gabriel's Horn) هو الشكل الرياضي الذي ابتدعه (إيفانجيلستا تورشيلي) ذو الحجم المحدود والمساحة اللانهائية والذي استمد تسميته الثانية من حقيقة نفخ الصور يوم القيامة. أمكن التوصل إلى هذه الموضوعات باستخدام مبدأ كافاليري (Cavalieri's Principle) قبل ابتكار حساب التفاضل والتكامل والتي يمكن استخدامها اليوم لحساب كل من حجم ومساحة البوق ما بين $X=1$ و $X=a$ عندما يكون $a > 1$ باستخدام حساب التكامل حيث يمكن حساب حجم البوق V ومساحته A كالتالي:

$$V = \pi \int_1^a \frac{1}{x^2} dx = \pi (1 - \frac{1}{a})$$

$$A = 2\pi \int_1^a \sqrt{1 + \frac{1}{x^4}} dx > 2\pi \int_1^a \frac{1}{x} dx = 2\pi \ln a$$

وباستخدام مفهوم النهايات في الهندسة التحليلية يمكن كتابة:

$$a \rightarrow \lim \rightarrow \infty \pi (1 - 1/a) = \pi$$



حساب التفاضل والتكامل التي يمكن بواسطتها فهم مثل هذه الأجسام. ويُذكر (تورشيلي) اليوم في سجل العظماء إضافة لما سبق، بفضل عمله في مجال الرصد والفلك جنبا إلى جنب مع (غاليليو).

ولأولئك الذين شد بوق تورشيلي انتباههم أسوق لهم المسألة التالية أملا في تمتعهم بحلها:
احسب قيم a ضمن الدالة:

$$f(x) = 1/x^a$$

والتي تنتج بوقا بحجم محدود ومساحة لا نهائية.

الفصل الثاني
قوانين الحقبة الزمنية
(1700 - 1800)



القرن الثامن عشر الميلادي

قاعدة موبرتو للفعل الأدنى

MAUPERTUIS'S RULE OF LEAST ACTION

قاعدة خاصة بعلم الفيزياء اكتشفها عام (1746) الرياضي الفرنسي [بيير -

لوي مورو دو موبرتو (1698-1759) [Pierre - Louis Moreau de Maupertuis]

لقد قال (موبرتو) باقتصاد الطبيعة في كافة أفعالها حيث تنص قاعدته على وجوب إتمام كافة الأحداث في الطبيعة بصرف أقل قدر ممكن من الطاقة لإنجازها. ولقد أثبت التجارب والقياسات والأحداث صحة هذه الفرضية التي غالبا ما يطلق عليها (مبدأ الفعل الأدنى)، فلقد تمكن (موبرتو) من استنتاج قوانين انعكاس وانكسار الضوء بالاعتماد على موضوعه تلك كما استطاع أن يثبت أن الطبيعة بقيامها بأي من أفعالها وظواهرها لا بد وأن تسلك أسهل وأقصر السبل لذلك. نشر (موبرتو) قانونه العام للحركة والتوازن في عام (1746) والذي يمكن تلخيصه بحقيقة اعتبار أن أي حدث يمكن أن يتم في الطبيعة ما هو إلا نوع من (التغير) فيها، وبالتالي فإن مقدار أو كمية الطاقة اللازمة لإحداث ذلك التغير أو الحدث لا بد وأن تكون في نهايتها الدنيا أي بأقل مقدار ممكن منها. أما كمية الفعل فتساوي رياضيا حاصل ضرب كتلة أي جسم في سرعته في المسافة اللازمة لتحريكه لإنجاز عمل ما.

(انظر موسوعة الرياضيات لميشيل هيزونكل - Michiel Hazewinkel)

آمن (موبرتو) إيمانا قاطعا بأن قانونه كوني قابل للتطبيق على نطاق الطبيعة ومجمل الأرض بل وحتى في عموم الكون، وإليك ما نقله عنه (مورس كلاين - Moris Kline) في كتابه الموسوم (الرياضيات والعالم الفيزيائي).

((لا شك بأن كافة قوانين الحركة والسكون والتي يمكن اشتقاقها من مبدأ - الفعل

الأدنى - هذا لا بد وأن تكون واحدة متطابقة مع كافة الأحداث في الطبيعة وبإمكاننا

الاطمئنان إلى صحتها، وإني على يقين بأن كافة الظواهر الطبيعية ابتداء من حركة

الحيوانات إلى مراحل نمو النباتات مروراً بكافة التفاعلات الكيميائية والأنواء الجوية لا تمثل إلا جانباً بسيطاً من تطبيقاته. وما يدعو حقاً إلى الدهشة في هذا المجال هو أن هذا الكون على عظمته وعلى روعة إبداعه وجمال خلقه وتناسق أجزائه وروعة زواياه (والتي أستطيع اعتباره - بحق - كتاباً مفتوحاً لا يفتر عن التسبيح باسم خالقه (عز وجل) تراه ينقاد بسهولة ملفتة إلى أبسط المعطيات الرياضية ويمكن أن تطبق عليه وفيه مجموعة صغيرة من القوانين البسيطة)).



قانون ريختر للتفاعلات الكيميائية

RICHTER'S LAW OF CHEMICAL REATIONS

قانون خاص بعلم الكيمياء اكتشفه عام (1791) الكيميائي الفرنسي أجرميا ريختر
[JERMIA S RICHTER (1762-1807)]

ينص هذا القانون على أن وزنا معياريا واحدا من أي حامض، لابد وأن يعادل بالضبط وزن معيار واحد من أية قاعدة، وبعبارة أعم فإن ما اكتشفه (ريختر) يعني تساوي نسب الأوزان المعيارية للمركبات المشتركة في أي تفاعل كيميائي، فعلى سبيل المثال يعادل (615) جزءا وزنيا من مادة أو أكسيد المغنيسيوم (MgO) والمسمى بالمغنيسيا ويتفاعل بالكامل مع (1000) جزءا وزنيا من حامض الكبريتيك.

لقد تمكن (ريختر) من تأليف ونشر كتابين حول مبادئ وأسس (Stoichiometry)⁽¹⁾ وتعني العلاقة الكمية بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عنها في أي تفاعل كيميائي. أما أهم ما ميز حياته العلمية فهو بدايته كمهندس في قسم المناجم في مقاطعة (Silesia) سليسيا، ثم عين بعد ذلك ككيميائي في مصانع خزف مدينة (برلين)، ولقد نجح (ريختر) في التعبير عن آرائه ومجمل ما يؤمن به في كتاب أسماه: (Anfangsgrunde dex Stochiometrie) وخلاصته هي إمكانية اختزال مجمل وتفاصيل علم الكيمياء وإمكانية التعبير عنه بنظام رياضي محكم. (انظر كتاب تطور الكيمياء الحديثة) لمؤلفه (أرون ج. هد Aaron J. Ihde).

(1) Stoichiometry - وقد يلحق به مصطلح التفاعل (Reaction) أو التركيب (Composition)، وهو ذلك الجزء، من علم الكيمياء والفيزيائية الذي يعني بالعلاقات الحسابية والكمية ما بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في أي تفاعل كيميائي متوازن، ويستعمل لحساب الكميات الناتجة من المواد المتفاعلة و/أو بالعكس. (المترجم).

الفصل الثالث
قوانين الحقبة الزمنية
(١٨٠٠-١٩٠٠)



القرن التاسع عشر الميلادي

قانون مالو لاستقطاب الضوء - Malus's Law of Polarization

قانون خاص بعلم البصريات اكتشفه عام (1809) الفيزيائي الفرنسي

إيتين لوي مالو [Etienne Louis Malus (1775-1812)]

ينص هذا القانون على أن شدة الضوء المنبعث (I) من حاجر مستقطب يقطع مسار شعاع ضوئي ذي استقطاب مستو وبشدة أولية مقدارها (I_0) سيساوي شدة الضوء الأولية (I_0) مضروبة بمربع جيب تمام الزاوية الفاصلة بين مستويي الاستقطاب، ويمكن كتابة هذا القانون رياضيا على الشكل التالي:

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

ولفهم هذه المعادلة، دعنا نصف التجربة التي تحققها وعلى الوجه التالي: يمرر شعاع ضوئي اعتيادي (غير مستقطب) عبر حازرين مستقطبين يسمى الأول - بالمستقطب - والثاني - بالمحلل - يفسر (قانون مالو) شدة الضوء الناتج بعد مرور شعاع الضوء الاعتيادي عبر الحازرين بدلالة جيب تمام الزاوية الفاصلة بينهما.

لا يمكن اليوم فهم المنطق الذي دفع (مالو) إلى التفكير لوضع قانونه ولا الطريقة التي أوصلته إليه، فلقد جاء في كتاب (جد بشوالد - Jed Buchwald) الموسوم (بزوغ النظرية الموجية للضوء: نظريات وتجارب في علم البصريات في بداية القرن التاسع عشر) ما يلي: (لم يكتشف (مالو) قانونه من خلال قيامه بالحسابات المستندة إلى تصرف الجزيئات أو القوى، كما لم يظهر من التمهيص التاريخي بأنه كان قد اكتشفه من خلال ربط ملاحظاته الناتجة عن اختلاف قيم معاملات الانكسار، فضلا عن عدم امتلاكه - حينذاك - أو حيازته لأي وسيلة لقياس شدة الضوء. لقد سارعت منية (مالو) إلى موافاته قبل أن ينتهي من صياغة أفكاره التي أوصلته إلى اكتشاف هذا القانون أو أن يتمكن من شرحها، ولكن مع ذلك لا يزال هذا القانون يحمل اسمه رغم اندثار السبل التي قادته إليه.

قانون بل - ماجندي لفعل الأعصاب

The Bell-Mageadie Law of Nerve Function

قانون خاص بفلسفة الأعصاب وضعه عام (1811) كل من عالم

التشريح الاسكتلندي [السر شارل بل (1774- 1842) Charles Bell] واختصاصي علم

وظائف الأعضاء الفرنسي [فرانسوا ماجندي (1783-1842) Francyois Magendie]

وينص على ما يلي: تعمل جذور الأعصاب الشوكية الموجودة على الجانب البطني (أي بالقرب من بطن الكائن) على نقل الإيعازات العصبية الحركية، في حين تعمل جذور الأعصاب الشوكية الموجودة على الجانب الظهري (أي بالقرب من ظهر الكائن) على نقل الإيعازات العصبية الحسية. لقد توصل (السر بل) إلى صياغة قانونه هذا بعد إجراء العديد من الدراسات والتجارب على الحيوانات، حيث قام بقطع بعض أعصابها وملاحظة تصرفاتها وردود أفعالها وهي حية. وبالنظر لأهمية هذه النتائج فقد درسها العديد من العلماء والمختصين بعلم الحيوان وعلم وظائف الأعضاء بعده، ومنهم كل من (ارون ا. برودي-Irwin A. Brody) و (روبرت هـ. ولكنز - Robert H. Wilkins) اللذان أعادا صياغة هذا القانون وتمكنا من نشره في الدورية العلمية المسماة (Neurological Classics) على الشكل التالي: تدخل الأعصاب الحسية إلى الحبل الشوكي عن طريق الجذور الخلفية (الظهرية) وتغادره الأعصاب الحركية عن طريق الجذور الأمامية (البطنية).

لقد ناقش الكاتب والعالم (ادوارد س. ريد - Adward S. Reed) في كتابه الموسوم: [من الروح حتى العقل والإرادة: قصة ظهور علم النفس من (ارازمس دارون) حتى (وليم جيمس)] إمكانية أن يكون هذا القانون هو ما عجل بظهور فكرة كون الدماغ هو المسؤول عن استلام ومعالجة مجمل السيالات العصبية الواردة من النخاع الشوكي وترجمتها إلى إشارات وأوامر، كما ولا بد أن يرجعها من خلاله إلى بقية الأعضاء الجسمية التي يمكن أن تكون قد وردت إليها أو صدرت عنها، وعليه استنتج (ريد) أنه لا بد وأن يكون مركز الإرادة للفعل والإحساس متوضعا في الدماغ كمرکز للسيطرة على كافة فعاليات الجسم.



ومن الجدير بالذكر هنا أن مجمل التجارب التي سبق وأن قام بها (السر شارل بل) على الحيوانات بقطع أعصابها ومراقبة ردود أفعالها ومشاهدة تألُّها وتصرفاتها وهي حية تتلوى، هي التي أدت إلى ظهور قانون (بل - ماجندي) عام (1811)، كما أدت أيضا وفي العام (1824) إلى ظهور أول جمعية رسمية لمناهضة ومنع سوء معاملة الحيوان وممارسة العنف بحقه في إنكلترا.

قانون فون همبلت لخطوط الأشجار

Von Humboldt's Law of Tree Lines

قانون خاص بعلم النبات (والذي يكون مع علم الحيوان، علم الأحياء) اكتشفه عام (1817)

المكتشف وعالم الطبيعة الألماني [الكساندر فون همبلت (1769-1859) Alexander Von Humboldt]

وينص على انخفاض مستوى خطوط الأشجار كلما أمعنا السير باتجاه خطوط العرض العليا - بعيدا عن خط الاستواء - بالاتجاهين الشمالي والجنوبي، وقد يطلق على خط الأشجار هذا اسم (خط التنبر - Timber line) ويمثل نهاية الخط الجغرافي الذي تستطيع الأشجار أن تنمو داخل نطاقه، وذلك يعود في الغالب الأعم إلى الظروف الجوية غير الملائمة لنموها كالبرودة القارسة وشدة الرياح وشحة الأمطار، كما وقد يحد (خط نمو الأشجار) هذا حاجزا مائيا طبيعيا هائلا كما يحدث عند سواحل البحار أو برودة متناهية كما هو الحال فوق منطقة الدائرتين القطبيتين الشمالية والجنوبية.

لقد عمد (فون همبلت) وخلال الفترة الواقعة بين عامي (1799 و 1804) إلى السفر والتجوال عبر سهوب واكتشاف مناطق جنوب ووسط أمريكا الشمالية وكان بذلك أول اختصاصي في علم الطبيعة، وأول مكتشف ينجح في تسجيل كافة ملاحظاته ومشاهداته عن تلك الأماكن والأصقاع بطريقة علمية بحثية دقيقة.

كما نجح بكتابة ونشر ملاحظاته الفصلية عبر فترة زمنية فاقت الواحد والعشرين عاما وضمها بسفر ضخم حوى العديد من الأجزاء، أما خلال طفولته فلقد تمتع (همبلت) بقابلية هائلة وولع شديد بجمع وتأشير وشرح وتصنيف كل ما وقع عليه بصره وطالته يده مع ولع كبير وتركيز بين على نماذج الأحجار والأصداف والنباتات والحشرات.



قوانين فرسnel - أراكو في البصريات

The Fresnel-Arago Law of Optics

قوانين خاصة بعلم البصريات اكتشفها عام (1819) الفيزيائيان الفرنسيان

[Augustin Fresnel (1788_1827) أوغستين فرسnel]

و[دومنيك أراكو (1786_1853) Dominique Arago]

اختصت مجموعة القوانين التي وضعها المكتشفان المذكوران بتسمية وتعداد كافة الحالات والمواضع التي وصفها لشعاعين ضوئيين مستقطبين والتي تمكنهما معا من تكوين (حزوز تداخل) على حاجر موضوع أمامهما. أما مثالي طرفي النقيض لمجموعة هذه الحالات والتي يمكن أن تقع كافة الاحتمالات الأخرى ضمنهما فتتأرجح ما بين استحالة تكوين أي حزوز تداخل بواسطة شعاعين ضوئيين مستقطبين. بمستويين متعامدين، من جهة وبين التصرف الطبيعي لشعاع ضوء عادي بواسطة شعاعين ضوئيين مستقطبين. بمستويين متطابقين من جهة ثانية.

قانون مشرلخ لتمائل الأشكال البلورية

Mitcherlich's Law of Isomorphism

قانون خاص بعلم الكيمياء البلورية اكتشفه عام (1821) الكيميائي الألماني
[إيلهارد مشرلخ (1794-1863)]

وينص هذا القانون على تماثل التراكيب الكيميائية للمواد التي لها قابلية التبلور بذات الأشكال، ويوظف هذا القانون لاقتراح وإثبات الصيغ الكيميائية الأكثر احتمالاً للمواد التي يصدف أن يوجد لها شبيه بلوري مؤكد، فعلى سبيل المثال، تتماثل أشكال بلورات مادة أو أكسيد الكروم مع أشكال بلورات أو أكسيد الحديدك (Fe_2O_3) الأمر الذي يمكن من خلاله توقع وكتابة صيغتها الكيميائية (المماثلة) فتكون (Cr_2O_3).

لقد كان (مشرلخ) رائداً عالمياً من رواد النهضة والتجديد فلقد نذر نفسه وشبابه لدراسة وإحياء النصوص واللغات القديمة حتى أصبح حجة موثوقة واختصاصاً لامعاً في اللغة الفارسية.



مبدأ هملتن للأنظمة الحركية

Hamilton's Principle of Dynamical Systems

مبدأ خاص بعلم الفيزياء اكتشفه عام (1835) الرياضي الأيرلندي

[السِر وليم روان هملتن (1805-1865) Sir William Rowan Hamilton]

شرحت (جنيفر بوثملي - Jennifer Bothamley) في (معجم سير العلماء الذاتية) مبدأ (هملتن) على الوجه التالي: لا بد وأن يكون تطور أي نظام من الزمن (t_1) إلى الزمن (t_2) بطريقة يكون معها الفعل س ($t_2 - t_1$) على أقل ما يمكن بالنسبة للتغيرات العشوائية الصغيرة في مساره، أما (دير. أ. ويلز - Dare A. Wells) فقد بينت في كتابها الموسوم (ملخصات - شوم - للتحرركات اللاگرانجية Schaum's Outline of Lagrangian Dynamics)⁽¹⁾ أهمية هذا المبدأ والدور المهم الذي لعبه في تطور ميكانيكا الكم.

لقد بدأ (هملتن) حياته طفلاً غير اعتيادي لا يشبه غيره من الأطفال فلقد تعلم العبرية وأجاد نطقها عند بلوغه السابعة من عمره ثم تمكن من امتلاك ناصية العديد من اللغات الشرقية القديمة والحديثة كالعربية والفارسية والهندية والسنسكريتية والملايية، ولما يبلغ الثالثة عشرة من عمره. لقد نقل (بيتر غوثري تيت - Peter Guthrie Tait) في كتابه (أوراق علمية) مقالته (وليم إدون هملتن - William Edwin Hamilton) الابن الأكبر لـ (هملتن) عن أبيه بأنه: (كان غالباً ما يحمل - قطاراً - طويلاً وسلسلة لا نهاية لها من الأفكار في داخل رأسه، ليس أقلها شأنًا حساباته الجبرية والرياضية والتي يتمتع خلال تفكيره بها بحالة من (الغيوبة) عما حوله وتعاف نفسه كل الحاجات الضرورية حتى تلك اللازمة للحياة كالطعام.

(1) التحركات اللاگرانجية (Lagrangian Dynamics) أو الميكانيكا اللاگرانجية (Lagrangian Mechanics) هو المصطلح المسمى باسم (Joseph Louis Lagrange) جوزيف لوي لاگرانج ويعني الدالة التي تلخص (مقدار وحركية) أي نظام. وفي علم الميكانيكا التقليدي تعرف بأنها حاصل طرح الطاقة الكامنة لأي نظام من مقدار طاقته الحركية ويمكن التعبير عن ذلك رياضياً بـ ($L = T - V$) حيث (L) هي (اللاگرانجية النظام) و (T) هي مقدار طاقته الحركية و (V) هي مقدار طاقته الكامنة. (المترجم).

وكنّا - خوفاً عليه من التضور جوعاً - غالباً ما ندفع له إلى غرفة مكتبه خلال خلوته صحناً، أو - وجبةً خفيفةً - من شرائح اللحم أو قطع الخبز ونتركها بين يديه، ولا نلاحظ وبعد فترة طويلة من الزمان إلا قضمه هنا أو نتفه هناك، هي كل ما أكل من وجبته خلال اليوم...، ثم تراه سرعان ما يعود بعدها إلى سموه وخلوته بتركيز أشد وتفكير أعمق.



مبدأ استطارة أو حيود الضوء لبابينيه

Babinet's Principle of Diffraction

مبدأ خاص بعلم الفيزياء توصل إليه عام (1838) الفيزيائي الفرنسي

[جاك بابنيه (1794-1872) Jacyues Babinet]

لقد فسرت (جنفر بوثللي - Jennifer Bothamley) في كتابها الثمين (معجم سير العلماء الذاتية) (مبدأ بابنيه) بأنه ذاك الذي يفسر التأثير التكميلي لشاشات الاستطارة⁽¹⁾ على الأشعة الكهرو مغناطيسية. ولتحقيق الفهم الكامل لهذا المبدأ لابد لنا أن نفترض أولاً شاشتي استطارة (ش1) و (ش2) واللتين تمتازان بتكاملهما (الواحدة نسبة إلى الأخرى) بحيث يتم صناعة الشاشة (ش1) بطريقة يجعلها تحتوي على كافة المناطق المعتمدة الموجودة في الشاشة (ش2) على شكل مناطق شفافة، كما تحتوي كافة المناطق الشفافة في الشاشة (ش1) على شكل مناطق معتمدة.

ولفهم المقصود من هذا المبدأ، لابد لنا من الاطلاع على تفسيره من قبل عدد من العلماء المختصين في هذا الموضوع، فلقد فسر (صموئيل سلفر - Samuel Silver) مبدأ (استطارة بابنيه) في كتابه الموسوم (نظرية وتصميم هوائيات الموجات الميكروية). بما يلي:

[ينص مبدأ (بصريات بابنيه) الخاص باستطارة (أو حيود) الموجات الكهرومغناطيسية على أن حاصل جمع الحقلين الكهربائي والمغناطيسي المتكاملين والمتعامدين والناتجين من إمرار تلك الموجات عبر شاشتي استطارة متكاملتين - وفي أي نقطة لابد وأن يساوي مقدار قوة ويطابق شكل الموجات الأصلية التي ولدتها قبل إمرارها عبر أي من شاشتي الاستطارة المفترضتين].

أما (ديباك ك. باسو - Dipakk K. Basu) في كتابه الموسوم (معجم الفيزياء النظرية والتطبيقية) فقد وضع المبدأ المذكور بالشكل التالي: [نفترض وجود شاشة مسطحة معتمدة،

(1) شاشات الاستطارة - أو محزرات الحيود - Diffraction Slits هي عبارة عن ثامانات أو مسطحات تحوي فتحات صغيرة جداً أو حزوز تقارب بأبعادها الأطوال الموجية للموجات الكهرومغناطيسية ويمكن من مرور أحد جزأها أما الكهربائي أو المغناطيسي خلالها. (المترجم).

في المستوى السيني الصادي لها مساحة سطحية تساوي (A_m) تحتوي على ثقب دائري في وسطها مساحته A_o ، تُعرّف الشاشة المكملة لشاشتنا السابقة بأنها تلك التي لها مساحة سطحية مقدارها (A_o) والتي يمكنها أن تحجب الثقب الدائري (ذا المساحة A_o) والموجود في الشاشة الأولى، كما أنها ذاتها تحتوي على ثقب دائري في محيطها تبلغ مساحته (A_m). والآن إذا ما تطابقت الشاشتان و سلط عليهما حقل كهرو مغناطيسي أولي (ولنقل شعاع ضوء لتبسيط الموضوع) مصدره الجهة السالبة من المحور العيني (ع) العمودي على المستوى (س، ص) فسيؤدي ذلك إلى ظهور حقل الاستطارة الأول وهو (ح1) بعد عبور الشعاع للشاشة الأولى وظهور حقل الاستطارة الثاني وهو (ح2) بعد عبور الشعاع للشاشة الثانية بعد استقطابه الثاني على الجهة المقابلة (الموجة) من المحور العيني. ينص مبدأ (بابنيه) في هذه الحالة على مساواة الحقل (الكهرو مغناطيسي) المستقطب مرتين والناجم من مجموع كلا الحقلين (ح1) و (ح2) وفي أي نقطة بعد مستوى الشاشتين لعين قوة المصدر الأصلي المنبعث قبلهما (أي وكأن تأثير الثانية قد متأثر الأولى - أو كأنهما لم توضع في مسار الضوء المنبعث أصلاً).

بإمكاننا اختصار مبدأ (بابنيه) فيما يخص تطبيقاته الكهرو مغناطيسية والصوتية بالقول على تأكيده بأن (العيوب) التي تؤدي إلى استطارة أو حيود الموجة والموجودة في محزز الحيود (م) والحاوي على الحزوز (ح) تصحح (عيوب) الاستطارة لمحزز الحيود الثاني (المكمل) للأول بحيث يتصرف وكأنه محزز حيود (ح) والحاوي على الحزوز (م).

(راجع كتاب - كرسstofرم. لنتون - Christopher M. Linton و فلب مكآفر - Phillip Mc Iver) المعنون: (ملخص التقنية الرياضية لتعامل الأمواج مع الأشكال). وفي الختام وكآخر توضيح لهذا القانون لك أن تتصور لوحين خشبيين متكاملتين (ا) و (ب) بحيث لا تحتوي اللوحة (ا) إلا على ثقب واحد ولا تحتوي اللوحة (ب) إلا على سداة بحجمه، والآن إذا ما جمعناهما معا فلن يستطيع أي ضوء المرور خلالهما. هذا ويوضح لنا (مبدأ بابنيه) بشأن تصرف الشاشات المتكاملة ودورها في توليد نماذج الضوء المستطار.

(انظر كتاب كارل ديتير مولر - Karl Dieter Moller المعنون: علم البصريات، التعلم بالحاسوب

مع أمثلة قياسية باستخدام (Maple ، Mathematica ، MAT;AB، Math Cad).



قانون هس لثابت الحرارة

Hess's Law of Heat Constant

**قانون خاص بعلم الكيمياء اكتشفه عام (1840) الكيميائي الروسي: سويسري المولد
[جرمين هنري هس (1802-1850) Germain Henri Hess]**

يستعمل هذا القانون لاستنتاج التغير في مقدار الحرارة (ΔH) في التفاعلات الكيميائية والتي يصطلح عليه اسم (الانثالبية - Enthalpy).

ويستنتج من هذا القانون بأن كمية التغير العام في مقدار الحرارة لتفاعل ما، لا بد وأن تكون ثابتة بغض النظر عن عدد الخطوات الموصلة إلى ناتجه النهائي. أي أن (انثالبية) أي تفاعل لا بد وأن تساوي (حاصل جمع انثالبية) كل خطوة من خطواته قلت أم كثرت.

لقد بين (راندل ك. نون - Randall K. Noon) في كتابه - التحليل الهندسي لتصرف النيران والمتفجرات - بأن لقانون (هس) نتائج مهمة جدا لأنه يتضمن حقيقة التعامل مع معادلات حرارة التكوين وحرارة الاحتراق بطريقة جبرية لحساب أي منهما، لأي مادة من المواد المجهولة والتي لم يسبق أن تم حساب قيمتها بصورة تجريبية في المختبر، كما لاحظ كل من (ج. ا. مكليين - J. A. Maclean) و (ج. توبن - G. Tobin) في كتابهما - القياسات الحرارية للإنسان والحيوان - وحسب قانون (هس) أيضا، عدم اعتماد مقدار الحرارة الناتجة عن سلسلة من التفاعلات على سبيل سيرها ولا عدد مراحلها، وإنما تعتمد على نتائجها النهائية فحسب. وبناء على ما سبق وبلاستعانة بمبدأ (حفظ الطاقة)، يمكن الاستنتاج والتأكد من حقيقة أن مقدار الحرارة الناتجة عن السلسلة المعقدة من التفاعلات الكيميائية - الحيوية والتي تصف وتحدد طريقة (هضم الغذاء) واستخلاص طاقته منه داخل الجسم الحي (بشريا كان أم حيوانيا) تساوي ذات كمية الحرارة الناتجة عن سلسلة الحسابات الكيميائية الناتجة من تحويل ذات الكمية من عين الطعام إلى نواتجها النهائية وذلك عن طريق حرقها تجريبيا في المختبر.

قاعدة بركنن لأحجام أنواع الحيوانات

Bergmann's Rule of Species Sizes

قاعدة تخص علم الأحياء اكتشفها عام (1847) عالم الأحياء الألماني

[كرستيان بركنن (1814-1865) Christian Bergmann]

تنص هذه القاعدة على أن معدل حجم أي فصيلة أو نوع من الحيوانات يميل إلى الصغر كلما عاش في مناطق أدفأ على وجه الأرض، كما يميل حجمها إلى الكبر كلما عاشت في مناطق أكثر برودة عليها. ويعود سبب ذلك إلى صغر نسبة مساحة جسم الحيوان السطحية إلى حجمه كلما كبر، وكبرها كلما صغر وتنعكس هذه الحقيقة إيجابياً على احتفاظ أجسام الحيوانات الكبيرة بدفئها مما يؤهلها طبيعياً للمعيشة في الأصقاع الباردة، ولعل من المفيد ملاحظة حقيقة انطباق هذا التصور على فئات الطيور وأنواعها إضافة إلى انطباقه على أصناف اللبائن وفصائلها.

ذكر (جم زمبو - Jim Zumbo) في كتابه الموسوم (صيد الـ Elk)، أن أجسام الـ Elk⁽¹⁾ التي تعيش في مناطق الكرة الأرضية الشمالية الباردة، لا بد وأن تكون أكبر حجماً من مثيلاتها التي تعيش في مناطق الكرة الأرضية الأكثر دفئاً وذلك حسب (قاعدة بركنن) وفسر ذلك لصالح بقاء الحيوان واحتفاظه بكمية أكبر من الحرارة (أي فقدان كمية أقل منها من وحدة المساحة السطحية لجسمه).

كما لاحظت (كارول هندرسن - Carrol Henderson) في كتابها - مرشد الحياة البرية في كوستاريكا - بأن حيوانات (الراكون و Cougars) وهو (حيوان البوما - تلفظ بالباء المفخمة -، أو أسد الجبل أو قطرة الجبل أو البانثر Panther) والغزلان ذوات الذيل الأبيض تمثل نموذجاً واضحاً (لقانون بركنن) كذلك في ذلك البلد. وعليه فإن أحجام

(1) Elk - أو Wapiti واسمه العلمي (Cervus Canadensis) - هو أكبر أنواع الغزلان المعروفة في العالم ومن أكبر الثدييات الموجودة في مناطق أمريكا الشمالية وآسيا الشرقية وقد يسمى (بالايل). (المترجم).

الغزلان التي تعيش قرب خط الاستواء لا بد وأن تكون أصغر حجما من مثيلاتها من نفس النوع واللائي يعشن في مناطق أكثر برودة بعيدة عنه وأكثر قربا من المناطق المعتدلة الشمالية والجنوبية والمناطق الباردة.

قانون كلابستون - ديل لانكسار الضوء

The Gladstone - Dale Law of Refraction

قانون خاص بعلمي الفيزياء والكيمياء اكتشفه عام (1858) كل من الكيميائيين الإنكليزيين:

(جون هول كلابستون (1827-1902) (John Hall Gladstone)

و (ت. ب. ديل - T. B. Dale)

وينص هذا القانون على تناسب معامل الانكسار الضوئي لأي غاز طرديا مع كثافته عند ثبوت

درجة حرارته، ويعبر عن هذا القانون رياضيا بالمعادلة التالية:

$$(n - 1)/\rho = k$$

حيث يمثل (n) معامل الانكسار الضوئي لغاز معين ويمثل (ρ) كثافته و (k) ثابت العلاقة.

لقد عاش (كولدستون) حياته متدينا تدينا شديدا وامتاز بإيمانه العميق وإصراره على عدم

تناقض المسيحية مع العلم، ولقد استند إلى النصوص التوراتية عند تأليفه لكتابه الموسوم (نقاط

الصدام المفترضة بين المتدينين والعلوم الطبيعية) والذي جاء فيه:

(لطالما بحث (المتشككون) في زوايا ثكنات العلم وما بين خفايا ترسانته عما يشاقون

به قوى الإيمان وما جاء به الكتاب المقدس. وقد مرت بعض الأوقات التي شعر فيها

المدافعون عن حصون العقيدة بالخرج وأحسوا بالخطر، كما مرت فترات أكثر أو شك

فيها (المارقون) على نفخ أبواق نصرهم الذي غنوه. نعم لابد من الاعتراف بسقوط

بعض الحصون هنا واحتلال بعض الأراضي هناك (على مستوى التفكير والأعمال

الفانية) ولكن مما لاشك فيه أن قلعة الإيمان الإلهية ظلت وستظل صامدة ولم تثبت توالي

الغزوات وتكرر الهجمات عليها إلا مناعة أسوارها وثبات أسسها وشموخ أبراجها).



قانون كوب لحفظ السعة الحرارية

Kopp's Law of Heat Capacity

قانون خاص بعلم الكيمياء اكتشفه عام (1864) الكيميائي الألماني

[هرمن فرانز مورتز كوب (1817-1892) Hermann Franz Moritz Kopp]

ينص على أن مجمل السعة المعيارية الحرارية لمركب صلب تساوي (تقريباً) حاصل جمع السعات الحرارية الذرية لكافة مكوناته. وهناك العديد من القوانين ذوات العلاقة بقانوننا هذا والتي تفسر السعة الحرارية مثل قانون (نيومن - كوب - Neumann - Kopp) المكتشف عام (1831) و(قانون نيومن) المكتشف في نفس العام من قبل الكيميائي الألماني [فرانز نيومن (1798-1895) Franz Neumann].

لقد امتاز (كوب) هذا بكونه كاتباً ومؤرخاً مرموقاً، إضافة إلى كونه كيميائياً فذاً عاشقاً صنعته حتى لقب (بعظيم مؤرخي الكيمياء) بلا منازع بالنظر لإسهاماته الكثيرة والموثوقة في التأليف في حقل تاريخ الكيمياء، ومنها نشره لموسوعته الضخمة بعنوان (تاريخ الكيمياء) التي جاءت في أربعة مجلدات ضخمة، أضاف إليها فيما بعد أربعة أجزاء أخرى وملاحق مفصلة. كما تمكن من تأليف ونشر كتاب آخر بعنوان (تطور الكيمياء في التاريخ القريب) كما نشر في جزأين كبيرين كتاباً مهماً بعنوان (علم الخيمياء⁽¹⁾ في غابر العصور وحاضرها).

(1) راجع تعريف ومعنى هذه الكلمة على صفحة (210) من هذا الكتاب. (المترجم).

قاعدة ماتهيذن للمقاومة الكهربائية

Matthiessen's Rule of Electrical Resistivity

قاعدة فيزيائية اكتشفها عام (1864) الفيزيائي الإنكليزي

[أغسطس ماتهيذن (1831 - 1870) Augustus Matthiessen]

تنص على أن مقاومة أي فلز (يحتوي على شوائب من أي مادة أخرى داخله) للكهربائية المارة خلاله، لا بد وأن تكون أكبر من مقاومة مرور ذات الكمية من الكهرباء خلال عين المقدار من نفس مادة الفلز النقي تماماً.

شرح (جيرارد د. ماهان - Gerald D. Mahan) في كتابه الذي يحمل عنوان (الفيزياء متعددة الجزيئات - Many Particles Physics) هذه الظاهرة بقوله: (إن منشأ مقاومة المواد الموصلة للكهربائية المارة خلالها - ولتأخذ الفلزات كمثال على ذلك - لا بد وأن تنشأ من ظاهرة تشتت الإلكترونات المارة بفعل اصطدامها بالشوائب الموجودة داخلها من جهة، ولإعاقة مرورها من قبل الإلكترونات المنطلقة من أصل مادة الفلز، والتي ينجلي تأثيرها ويبين عند تسخين هذا الموصل إلى درجات حرارية عالية جداً من جهة ثانية، هذا وتؤكد قاعدة (ماتهيذن) السابق شرحها على خاصية تراكم وتظافر العاملين السابقين وتأثيرهما سلبياً على قابلية التوصيل الكهربائي للفلز المعني أو أي مادة موصلة أخرى مهما كانت، رغم إقرارها الصريح بوجود العديد من الحالات والمواد التي تشذ في تصرفها هذا عنها.



قانون لزوجة الغازات لماكسويل

Maxwell's Law of Gas Viscosity

قانون فيزيائي توصل إلى وضعه عام (1866) الفيزيائي السكوتلاندي

[جيمس كلارك ماكسويل (1831 - 1879) James Clark Maxwell]

وينص على عدم اعتماد معامل لزوجة غاز ما على كثافته أو على ضغطه، شرط إجراء التجارب المتعلقة بهذه الحقيقة في ظروف حرارية ثابتة، كما ويشترط في دقة نتائجه احتفاظ الغاز المعني بضغطه بعيداً عن النهايات المتطرفة زيادة أو نقصاناً.

فسر (فلوريان كاجوري - Florian Cajori) في كتابه الذي صدر بعنوان (تاريخ الرياضيات - A History of Mathematics) بعض آراء (ماكسويل) وتنبؤاته على أنها تؤكد انعدام تأثير تغيير ضغط غاز ما على أي من معاملتي لزوجته أو توصيله للحرارة مادام ذلك الغاز خاضعاً منقاداً في تصرفه إلى ما ينص عليه (قانون بويل - Boyle's Law) للغازات. أما (ماكسويل) فقد تمكن من الاستنتاج كذلك، بل وأيقن بضرورة تناسب معامل لزوجة الغازات مع الجذر التربيعي لدرجة حرارتها المطلقة - مقاسة بدرجات حرارة كالفن - الأمر الذي جعله ملزماً بتحويل لب وأسس نظريته في (حركية الغازات) وذلك بافترضه وجود شيء من القوى النافرة والتي لا مناص من تواجدها ما بين جزيئات أي غاز والتي تعمل جاهدة على إبعادها عن بعضها البعض، على أن تؤثر بفعالية قصوى ما دامت المسافات بينها قصيرة وقصيرة جداً بحيث افترض هو، وأثبت التجارب اللاحقة أنها (أي تلك القوى النافرة) تتناسب عكسياً مع القوى الخامسة لمقدار المسافة الفاصلة بين جزيئات الغاز المعنية.

مبدأ برتلو - تومسن للفاعلات الكيميائية

The Berthelot - thomsen Principle of Chemical Reaction

مبدأ كيميائي اكتشفه عام (1867) اختصاصيا الكيمياء الفيزيائية:

الفرنسي [مارسيل بيير يوجين برتلو (1827_1907) Marcellin Pierre Eugene Berthelot]

والكيميائي الدنماركي [هانس بيتر جركن جوليس تومسن

]. [Hans Peter Jurgen Julius Thomse (1826_1909)]

ينص هذا المبدأ على أنه لو كان باستطاعتنا جمع وقياس وتحديد واعتبار كافة التفاعلات الكيميائية الممكنة والتي يمكن عمليا لمجموعة من المركبات المتفاعلة إنجازها فعلا، لكانت صدارة الحدوث وأولوية الإنجاز لأكثرها قابلية على إطلاق أكبر قدر ممكن من الطاقة عند التفاعل (حرارية كانت تلك الطاقة أم ضوئية أم الاثنين معا).

فسر المؤلف (كارل و. هول - Carl W. Hall) هذا القانون في كتابه المعنون (نماذج وقوانين: في العلوم والهندسة والتكنولوجيا) قائلا بوجود حدوث واتخاذ صدارة التفاعل طبيعيا في سلسلة من قبل أكثرها قابلية على إطلاق أكبر كمية ممكنة من الحرارة (أو أي نوع آخر من الطاقة - كالضوء مثلا -)، هذا إذا أخذنا بالاعتبار مجموعة كافة عناصر التفاعلات الكيميائية (غير الماصة للحرارة) والتي بإمكانها الاستمرار ذاتيا دون الحاجة إلى أي حرارة خارجية مضافة. ولعل أفصح ما جاء في تفسير هذا المبدأ هو ما اقترحه كل من (هانز - دايتير جاكوبتك - Hans-Dieter Jakubtke) و(هانز جسكت - Hans Jescht) في كتابهما المعنون (موسوعة الكيمياء الميسرة)، والذي ينص على تناسب قابلية أي تفاعل كيميائي (وهي ميله الطبيعي للحدوث) طرديا مع مقدار الحرارة التي يطلقها.



قانون مندليف الدوري للعناصر

Mendeleyev's Periodic Law of Elements

قانون كيميائي اكتشفه عام (1869) الكيميائي الروسي أديمتري مندليف

[Dimitri Mendeleyev (1834_1907)]

والذي ترجم فعلياً إلى الجدول الدوري المعروف للعناصر، ينص هذا القانون على تناسب وتناسق الصفات الكيميائية والفيزيائية للعناصر المختلفة دورياً بصورة تجعلها تتصرف كدالة لأوزانها الذرية. ومن الجدير بالذكر في هذا الخصوص تأكيد ثقة (مندليف) الكبيرة بنفسه وبوضعه المبكر لجدوله الدوري والتي بلغت درجة عالية أهلهته لأن يترك - وبكل ثقة وإصرار - أماكن خالية في بعض أجزاء هذا الجدول موقناً بضرورة، بل وبحتمية إشغالها لاحقاً بعناصر لا بد وأن يكتشف وجودها في الطبيعة، ولو فيما بعد!

وكدلالة واضحة لمصادقية ما تنبأ به (مندليف) فقد تم بالفعل (و بعد وضعه لجدوله بخمس سنوات فقط) اكتشاف عنصر - الكاليوم Ga - والذي جاء بوزن ذري وصفات كيميائية ومواصفات فيزيائية طابقت - ولحد الإعجاب - ما سبق أن قال به (مندليف). أما التفسير المقنع والسبب الوجيه الذي من أجله صار من المحتم على العناصر أن تتصرف بشكلها الدوري هذا فلم يُعرف، ولم يتمكن العلماء من وضع يدهم على تفسيره إلا بعد مرور خمسين عاماً على ما جاء به (مندليف)، حيث يعزى سبب ذلك التصرف في الوقت الحاضر - وأعني به ميل العناصر إلى التجمع على شكل مجموعات دورية التناوب بصفاتها وخواصها الكيميائية والفيزيائية - إلى المواصفات (الكمية - quantum) التي تتمتع بها تلك العناصر، وبذلك تمت إماطة اللثام عن ذلك السر المدهش بالاستناد إلى مبادئ ميكانيكا الكم، وللاستزادة راجع كتاب:

(Matter and Energy, Principles of Matter and Thermo dynamics, by Paul Fleisher).

كتاب (فلشر) الموسوم (المادة والطاقة: مبادئ المادة والديناميكية الحرارية).

قانون لورنز - لورنز لمعاملات انكسار الضوء

The Lorentz - Lorentz Law of Refractive Indices

قانون فيزيائي اكتشفه عام (1870) الفيزيائيان الدنماركيان

[هندريك لورنز (1853-1928) Hendrik Lorentz] [الأب]

و [لودفك لورنز - (1874-1950) Ludwig Loretz] [الابن]

ينص هذا القانون على التناسب العكسي فيما بين معامل الانكسار الضوئي (n) لكافة حالات وأوجه المواد ثنائية التصرف الكهربائي وكثافتها (ρ) بحيث يمكن صياغة هذا القانون رياضياً على الشكل التالي:

$$(n^2 - 1) / (n^2 + 2) = k \rho$$

وباعتبار العامل (k) كثابت للتناسب، تُعرّف المادة ذات التصرف الكهربائي الثنائي (كالزجاج مثلاً) بأنها تلك المادة التي تمتاز بضعف توصيلها للكهربائية وبكفاءتها العالية في الاحتفاظ بالمجالات الكهربائية المستقرة لفترات طويلة نسبياً، ومن الطريف ذكره في هذا المجال هو تمكن (لودفك لورنتز) الابن من اكتشاف ونشر العلاقة السابقة في عام (1869) في حين توصل (هندريك لورنز) الأب في السنة الموالية أي في عام (1870) إلى ذات العلاقة وبصورة ذاتية دون أدنى معرفة بما توصل إليه ولده.

ولابد من الإشارة بـ (لورنز - الابن) الذي تمكن من تسنم منصة استلام جائزة نوبل ترميناً لنظريته في تفسير تصرف الإشعاعات الكهرومغناطيسية وذلك في عام (1902)، كما ولا بد من الإشارة به كونه أول من توصل إلى الاستنتاج القائل بضرورة تقلص كافة الأجسام المتحركة بسرعات تقارب سرعة الضوء أو قبيل بلوغها وذلك باتجاه حركتها. ولا يخفى ما لهذا الاستنتاج من أهمية كونه أصبح اللبنة الأولى والأساس الراسخ الذي مكن (ألبرت اينشتاين) من بناء صرح نظريته النسبية الخاصة عليه.



قانون كوب لخفض درجة انجماد المحاليل

Coppet's Law of Freezing Point Lowering

قانون كيميائي اكتشفه عام (1871) الفيزيائي الفرنسي

[لوي كا دو كوب (1841-1911) Louis Cas de Coppet]

والذي ينص على تناسب مقدار انخفاض درجة انجماد أي محلول مع مقدار المادة المذابة فيه. من الجدير بالذكر أن اكتشاف وتفسير قانوننا الحالي لم يكن حكرًا على الذي اقترن اسمه به، فلقد توصل الكيميائي الإنكليزي [شارل بلادن Charles Blagden 1748-1820] والذي شغل منصب السكرتير الخاص للعالم والمخترع والمكتشف الإنكليزي الشهير [هنري كافندش Henry Cavendish (1731-1810)] في عام (1788) إلى اكتشاف الحقيقة المتمثلة بإمكانية خفض درجة انجماد بعض المحاليل وذلك بزيادة كمية المادة المذابة في حجم معين منها، واستطاع إثبات ذلك مختبريًا. كما تمكن الكيميائي الإنكليزي [ريتشارد واتسون Richard Watson (1737-1816)] من التوصل إلى ذات الحقيقة.

ساعدت إحدى المقالات العملية المنشورة من قبل الفيزيائي الفرنسي (كوب) عام (1871) والمتضمنة بعض الحسابات والتجارب المختبرية المتعلقة بتصرفات المحاليل الحاوية على كميات متباينة من المواد المذابة والمستندة إلى النتائج التي توصل إليها الكيميائي الإنكليزي (بلادن)، الكيميائي الفرنسي [فرانسوا ماري رول Francois Marie Raoult (1830-1901)] على التوصل إلى استنتاجات مماثلة بشأن تلك الظاهرة، هذا ويساعد القانون موضع البحث على تفسير الحقيقة العلمية وراء نثر كميات من ملح الطعام الاعتيادي على الطرقات المغطاة بطبقات سميكة من ثلج الشتاء بهدف إذابتها وجعل تلك الطرقات صالحة للاستخدام بأمان - (ولمزيد من الإيضاحات حول هذا القانون وحيثياته انظر كتاب المؤلف (وليم ه. بروك -

(William H. Brock) بعنوان (شجرة الكيمياء: تاريخ موجز).

قانون توزيع بولتزمان

Boltzmann's Distribution Law

قانون فيزيائي اكتشفه عام (1871) الفيزيائي النمساوي

[لودوك بولتزمان (1844-1906) Ludwig Boltzmann]

والذي يصف حاله ونظام التوزيع الإحصائي لإزاحات وطاقات مختلف الجزيئات التي تؤلف غازاً معيناً عند بلوغ ذلك الغاز مرحلة استقراره حرارياً. (لمزيد من التوضيح انظر معجم النظريات لمؤلفته [جنفر بولتزمان (1844-1906) Jennifer Boltzmann]).

ينص هذا القانون على تناسب قيمة اللوغارتم الطبيعي⁽¹⁾ لنسبة عدد الجزيئات المتواجدة في مستويين مختلفين من الطاقة مع المقدار السالب لكمية فرق الطاقة بينهما.

كان الفيزيائي الأسكتلندي (جيمس كلارك ماكسويل) أول من فكر واخترع هذا النوع من التوزيع وذلك في عام (1859) بالاستناد إلى واستخدام المناقشات الاحتمالية. أما العالم (لودوك بولتزمان) فقد استطاع تعميم ما توصل إليه (ماكسويل) وذلك في عام (1871)، وبناء عليه كثر ما يشار إلى هذا القانون ويعرف باسم (قانون توزيع ماكسويل - بولتزمان).

يعتبر (ديباك ك باسو - Dipak k. Basu) محرر معجم (علم المواد وفيزياء الطاقات الفائقة) خير من عرّف (قانون توزيع بولتزمان) كقانون للميكانيكا الإحصائية وقدمه كقانون ينص على إمكانية التعبير رياضياً عن تناسب احتمالية إيجاد نظام ما في ظروف حرارة مقدارها (T) وبمحزون طاقة مقداره (E) مع قيمة اللوغارتم الطبيعي (e) مرفوعاً إلى القوة السالبة لحاصل قسمة محزون طاقته على درجة حرارته المطلقة، حيث يمكن كتابة القانون فعليا

(1) اللوغارتم الطبيعي - Natural Logarithm: وقد عُرف سابقاً بلوغارتم القطع المكافئ المرفق - Hyperbolic log - وهو اللوغارتم للقاعدة (e) وهي ثابت يساوي تقريباً [2.718 281 828] ويعرف اللوغارتم الطبيعي لأي رقم (x) بأنه القوة اللازم رفع (x) إليها كي نحصل على قيمة (e)، واللوغارتم الطبيعي لـ (e) هو الرقم واحد (1) لأن (e¹ = 1). واللوغارتم الطبيعي للعدد واحد هو صفر لأن (e⁰ = 1) وللمصطلح تعاريف هندسية توضيحية أخرى. (المترجم).



على الشكل التالي:

$$P_s = e^{-E/KT}$$

عندما تمثل $(P_s)^{(1)}$ احتمالية وجود النظام المعني و K ثابت التناسب المسمى (بثابت بولتزمان).

كتب (ستيفن ج. بروش - Stephen G. Brush) في مؤلفه الموسوم (النظرية الحركية للغازات: أمهات البحوث الكلاسيكية مع الملاحظات التاريخية حولها) مبيناً تدمير (بولتزمان) وشكواه من الطريقة المختصرة العسيرة على الفهم التي كان قد اتبعها (ماكسويل) في اشتقاقه لقانون توزيع الإزاحات، الأمر الذي أشكل الموضوع على الكثيرين مما دفعه إلى نشر مذكرة تفصيلية نذر صفحاتها الأربع والأربعين (44) الأولى لتوضيح وسوق الأمثلة المقنعة مسلطاً الضوء عما غاب عن ذهن (ماكسويل) وسها عن بيانه بشأن هذا القانون.

(1) والاحتمالية - Probablity - رياضياً هي مجموعة القيم الحقيقية لدالة معرفة في الفضاء الاحتمالي والتي نطاق صفة معينة مفروضة ويمكن التعبير عنها رياضياً بعدة أشكال منها:

$$\mu\left(\bigcup_{i=1}^n E_i\right) = \sum_{i=1}^n \mu(E_i) \quad \text{أو} \quad P(B/A) = \frac{P(B \cap A)}{P(A)}$$

قانون سطوع الضوء لأبنيه

Abney's Law of Luminosity

قانون فيزيائي وضعه عام (1877) الكيميائي الإنكليزي

[السِر وليم دو ويفليزلي أبنيه (1844-1920) Sir William de Wiveleslie Abney]

يختص هذا القانون بسطوع الضوء وبالإمكان تفسيره والاطلاع على مضمونه باختصار باستطلاع مختلف التوضيحات التي وضعها جمهوره من الكتاب إليك بعض منها:

- يُعرف مقدار سطوع مصدر ضوئي معين بأنه عبارة عن حاصل جمع قوى كافة مكونات أي طيف كان قد نتج من تحلله.

المصدر: معجم فيزياء علم طبقات الأرض والفيزياء الفلكية وعلم الفلك مؤلفه (ريتشارد أ. ماتزнер - Richard A. Matzner).

- تجمع مقادير سطوع الأضواء ذوات الألوان المتباينة خطياً، ويساوي مقدار سطوع مصدر مركب حاصل جمع كافة مقادير عناصر السطوع الضوئي المكونة له.

المصدر: الصور المجسمة والمناظير ثنائية العدسات مؤلفيه (اينان ب. هورد - Ian P. Howard) وزوجته (آن ب. هورد - Aan p. Howard).

- يُمثل الضوء الواصل إلى أي نقطة معينة من سطح معلوم: حاصل جمع كافة خطوط الأشعة الضوئية الوافدة إلى تلك النقطة من ذلك السطح.

المصدر: التصميم الميسر لإضاءة المباني مؤلفه (مارك شلر - Marc Schiler).



قاعدة ألن لهيئة الأجساد

Allen's Rule of Body Form

مبدأ بيولوجي وضعه عام (1877) عالم الحيوان المختص الأمريكي

[جويل آسف ألن (1838-1921) Joel Aseph Allen].

لخص مضمونه (روبرت ب. اكهارد - Robert B. Eckhard) في كتابه الموسوم (علم الأجناس البشرية الحيوي) بأنه يوضح ويفسر علاقة هيئة الأجسام بدرجة حرارة المحيط الذي تعيش فيه.

وينص على أن الأحجام التشريحية النسبية لمختلف استطالات أجساد الكائنات ذوات الدم الحار⁽¹⁾ مثل الأطراف والذبول والآذان، لا بد وأن تقصر كلما قلت معدلات الحرارة النسبية السنوية. ويمكن الاستنتاج وببساطة حاجة الكائنات التي تعيش في المناطق التي تمتاز بدرجات حرارتها المنخفضة على مدار السنة إلى الاحتفاظ بأكبر قدر ممكن من الحرارة في أجسامها ثابتة في الأجواء الباردة، وحاجة الكائنات القاطنة في المناطق الحارة إلى إشعاع أكبر قدر ممكن منها لنفس الغرض.

أما الكاتب (روجر لون - Roger Lewin) فقد بين شرح هذا المبدأ في مؤلفه الموسوم (تطور الجنس البشري: مقدمة مصورة) كما يلي: (تمتاز مجاميع الفصائل الحيوانية التي تعيش في مجالات جغرافية واسعة ممتدة باكتسابها أطرافاً (أيدي وأرجل) تمتاز بطولها عند تواجدها للمعيشة في الأجواء الحارة مقارنة بمثيلاتها التي تعيش في الأصقاع الباردة. وبالإمكان الاستكانة إلى هذا المبدأ لتفسير المشاهدات المعتادة من أن أطراف سكان المناطق الاستوائية غالباً ما تميل إلى كونها أطول وأنحف من أطراف سكان المدارات العليا والمناطق الباردة كونها تؤهل أجسام حاملها وتمكنهم من فقدان كميات أكبر من الحرارة ضمن تلك الظروف).

(1) (هي الحقيقة ذوات الدم ثابت درجة الحرارة - المترجم)

فسر الباحث (بول ب. ويزس - Paul B. Weisz) في كتابه الموسوم (المشاهد التكميلية - قراءات في طبيعة ومجتمعات ومحيط الجنس البشري وتصرفاته) حقيقة اكتساب سكان الصحراوات لبنيتهم النحيفة بالاستناد إلى مبدأ (ألن) هذا.



قانون نرنست لفروق جهد الأقطاب الكهربائية

Nernst's Law of Electrode Potentials

قانون كيميائي اكتشفه عام (1880)

الكيميائي الألماني [والتر نرنست (1864-1941) Walther Sir. Nernst].

يمكن وصفه استناداً إلى (معجم النظريات) لمؤلفته (جنفر بوتاملي - Jennifer Bothamley) بأنه القانون الذي يحدد ويصوغ مدى التراكيز التي يعتمد عليها تقدير فرق الجهد القابل للانعكاس لقطب كهربائي فاعل. ولعل خير تعبير لهذا القانون يمكن وضعه رياضياً على الشكل التالي:

$$E = E^0 + [RT/F] \times \ln a$$

حيث E تمثل فرق الجهد المسلط على قطب كهربائي ما في حاله كون التيار المار به يساوي صفراً، على أن يكون ذلك قطباً تبادلياً مغموراً في محلول يحتوي على أيون ما بتكافؤ يساوي (z).

و E^0 - هي فرق الجهد الكهربائي القياسي لعين ذاك القطب.

و R - هو ثابت الغاز.

و T - هي درجة الحرارة.

و F - هو ثابت فراادي (The Faraday Constant)⁽¹⁾.

و $\ln a$ - هي مقدار فعالية الأيون المعني في المحلول.

أما أبسط توضيح لقانون نرنست هذا فقد ساقه كل من (اندرو و. باتجلر - Andrew w. Batchelor) و (لوي لام - Loh Nee Lam) و (ماركام جاندراسيكاران -

(1) ثابت فراادي - Faraday's Constant: ويعرف بأنه مقدار الشحنة الكهربائية التي يحملها وزن معياري واحد من الإلكترونات ويمكس انتساق قيمته رياضياً بضرب قيمة الشحنة الكهربائية التي يحملها الإلكترون الواحد بعدد أفوكادرو من الإلكترونات. والقيمة المقبولة له تساوي: $[F = 96485.3399(24) \text{ C/mol}]$ وتقابل في النظام الدولي (SI) للمفاتيح وحدة الكولوم. أما فراادي فهو كيميائي وفيزيائي إنكليزي ساهم بتطوير علمي الكيمياء - الكهربائية والمغناطيسية الكهربائية. (المترجم). راجع مدخله المفصل بداية من صفحة (549) من هذا الكتاب. (المترجم).

(Margam Chandra Sekaran) في مؤلفهم المشترك الموسوم - أثر الهندسة السطحية المتقنة في السيطرة على سرعة انحلال المواد - وكما يلي: (يفسر قانون نرنست - وببساطة - تأثير تراكيز المواد المتأينة المذابة في المحاليل ودرجة الحرارة على مقادير فرق الجهد الكهربائي الناتجة من التفاعلات الكهروكيميائية) - أهلت الأبحاث الفذة التي قام بها (نرنست) في مجال (الكيمياء - الحرارية) إلى ترشيحه لنيل جائزة (نوبل للكيمياء) والتي نالها بالفعل عام (1920). حفلت حياة مضيفنا بالنادر من الأحداث فلقد امتاز باختراعاته الملفتة إضافة إلى كونه مُنظِّراً فذاً، ومن تلك الاختراعات عمله الدؤوب لتطوير المصباح الكهربائي حتى تمكن من اختراع ما يعرف (بمصباح نرنست) ذي الجسم المصنوع من السيراميك، كما تمكن من اختراع البيانو الكهربائي الذي عوض عن الحاجة إلى صندوق تضخيم الصوت والذي يعتبر العمود الفقري لكافة الآلات الموسيقية الوترية فأمكن بذلك الاستعاضة به عن الأسلاك ومضخمات الصوت التي كان لابد أن تُربط بتلك الصناديق. أسدل الستار على حياة هذا العبقري بعد فترة من مقتل كلا ولديه في الحرب العالمية الأولى (1914-1919) الأمر الذي أورثه جزعاً شديداً، فووري الثرى.



قانون راول لضغط البخار

Raoult's Law of Vapor Pressure

قانون كيميائي وضعه عام (1882)

الكيميائي الفرنسي [فرانسوا راول (1830-1901) Francois Raoult]

وينص على اعتماد الضغط البخاري لأي من مكونات المحلول المثالي على الضغط البخاري لتلك المكونات وعلى النسبة المئوية لكل مكون منها في ذلك المحلول على حدة. ويمكن التعبير رياضياً عن هذا القانون بما يلي:

$$P_t = P_1 X_1 + P_2 X_2 + \dots$$

حيث يمثل P_t - كامل الضغط البخاري لمحلول ما.

و P_1 - مقدار الضغط البخاري لكل مادة مذابة في المحلول على حدة

و X_1 - مقدار الكسر المئوي أو نسبة تواجد ذلك المركب في المحلول المعني.

صنف (نيل مك مانس - Neil Mc Manus) في كتابه الموسوم - الصحة والسلامة في الفضاءات المغلقة - أنواع المحاليل حسب طريقة امتزاج مكوناتها إلى ثلاثة أصناف: كاملة الامتزاج وجزئية الامتزاج وعدمية الامتزاج، ففي المحاليل المثالية والتي تعرف بأنها المحاليل الحاوية على نوعين أو أكثر من السوائل التامة الامتزاج، يتم التأثير المتبادل ما بين جزيئات المذاب والمذيب بنفس الطريقة والأسلوب التي يتم بها ما بين جزيئات المذاب والمذاب وما بين جزيئات المذيب والمذيب. أما أهم تطبيقات قانون (راول) هذا فهي بتوفيره الأسس العلمية والمعادلة اللازمة للتنبؤ بمقادير الضغط البخاري لمكونات المحاليل المثالية في ظروف وحالات استقرارها، كما يمثل الأساس العملي لتقنية (التقطير) التي تستعمل لفصل مكونات محلول ما وعزلها بصورة شبه نقية وذلك بالاعتماد على اختلافها في درجة غليانها وقابلية تطايرها. (وللاستزادة حول هذا الموضوع راجع

(SAT Subject Tests: Chemistry 2005-2006 by Kaplan, Inc).

قانون فان هوف للضغط التنافذي

Van't Hoff's Law of Osmotic Pressure

قانون كيميائي توصل إليه عام (1885)

الكيميائي الدنماركي [جاكوبس فان هوف (1852-1911) Jacobus van't Hoff]

وينص على اعتماد مقدار الضغط التنافذي لمحلول ما على مقدار تركيز الجزيئات الفعالة تنافذيا فيه وفقا للمعادلة التالية:

$$\pi V = nRT \text{ or } \pi = C \times RT$$

حيث π تمثل - مقدار الضغط التنافذي

و V - حجم المحلول

و n - عدد الأوزان المعيارية من المادة المذابة في المحلول.

و C - مقدار تركيز المادة المذابة.

و R - ثابت الغاز.

و T - درجة حرارة المحلول مقاسه بدرجات كالفن المطلقة.

ويبين القانون حقيقة التناسب الطردي بين مقدار تركيز المادة المذابة وضغطها التنافذي في المحلول، بمعنى زيادة الضغط التنافذي لأي مادة مذابة إذا ما زاد تركيزها فيه، ويصدق ذلك بالأخص على تصرف المحاليل ذوات التراكيز المتدنية. وبعبارة أخرى يزداد تدفق الماء من الوسط المحيط بمحلول مركز إليه كلما زاد تركيز المادة المذابة فيه. وبالإمكان ملاحظة هذه الظاهرة مختبريا إذا ما فصلنا المحلول المركز عن الوسط المائي المحيط به بغشاء شبه نفاذ (كالسيلوفين). ولزيادة توضيح هذه الظاهرة وفهمها دعنا نتخيل وجود محلولين مختلفي التركيز يفصل بينهما غشاء شبه نفاذ، فإذا ما بلغ فرق الضغط التنافذي بينهما (على جانبي الغشاء) مدى فعالا بسبب تباين تراكيز المادة المذابة فيهما كما أسلفنا، فإن الماء لابد أن ينفذ خلال الغشاء وينتقل من المحلول ذي الضغط التنافذي الأقل باتجاه المحلول ذي الضغط



التنافذي الأعلى. ولعل خير تجربة مختبرية بسيطة لتأكيد ذلك هي بوضع كمية من كريات الدم الحمراء الطبيعية داخل أنبوب مملوء بالماء المقطر وفحصها تحت المجهر بعد فترة وجيزة من الزمن ومقارنتها بمثيلاتها قبل وضعها في ذات الأنبوب حيث سيظهر الفحص المجهرى انتفاخ وتكوير الكريات المأخوذة من الأنبوب بالنظر لتدفق الماء إلى داخل وسطها الأكثر تركيزا مما قد يؤدي إلى انفجارها بعد حين.

لا بد ختاماً من ملاحظة أن المعنى بقيمة (π) هو مقدار الضغط الواجب تسليطه على سطح المحلول الحاوي على التركيز الأعلى من المذاب والكافي لمنع تسرب جزيئات المذيب إليه من جهة الغشاء الحاوية على التركيز الأقل من المذاب ولا نعني به مقدار الضغط الذي تسلطه المادة المذابة ذاتها من داخل محلولها على محيطها. (وللاستزادة انظر : (BRS Physiology by Linda S. Costanzo).

قانون رامزي - يونك للضغط البخاري

The Ramsay - Young Law of Vapor Pressure

قانون كيميائي توصل اليه عام (1885) العالمان:

الكيميائي الاسكتلندي [السر وليم رامزي (1852-1916) Sir William Ramsay]
ومساعده في جامعة برستول (Bristol U) في إنكلترا [سدني يونك Sidney Young
1857-1937].

ينص على تغيير العلاقة النسبية بين درجتي الغليان المطلقة لمادتين (A) و (B) تحت مختلف ظروف
الضغط البخاري خطيا مع درجتي حرارتيهما.

عبر (ف. ك. كراك - F. C. Kracek) عن هذه العلاقة رياضيا بالمعادلة التالية:

$$(TA / TB)p = (TA / TB) p_o + c(T - To) B$$

حيث P يمثل - الضغط البخاري النهائي للمزيج.

و P_o - الضغط البخاري الابتدائي للمزيج.

و T - درجة حرارة المزيج النهائية (بدرجات كلفن المطلقة).

و T_o - درجة حرارة المزيج الابتدائية (بدرجات كلفن المطلقة).

و C - ثابت.

والتي نشرها في - مجلة الكيمياء الفيزيائية - عام (1930) ضمن بحثه الموسوم (علاقة

الضغوط البخارية للمحاليل بقاعدة رامزي - يونك). عبرت (جنيفر بو ثاملي - Jennigor

Bothamley) في (معجم النظريات) الذي كتبه عن هذا القانون بأسلوب شيق مختصر

واف وعلى الشكل التالي: لا علاقة للنسبة بين حرارتي مركبين كيميائيين متماثلين بتركيبيهما

وبضغظهما البخاري تحت ظروف حرارية (مطلقة) مختلفة بذلك الضغط.

اشتهر (رامزي) بولعه بدراسة ووصف الغازات النبيلة فقد تمكن من تسمية غاز (الاركون - Ar)

كما نجح باكتشاف غازات (النيون) و(الكربتون) و(الزينون) وتوج إنجازاته بحصوله على (جائزة

نوبل) للكيمياء في عام (1904).



قانون كثافة كاليثيه - ماتيه

The Cailletet - Mathias Law of Density

قانون كيميائي اكتشفه عام (1886) العالمان الفرنسيان:

الفيزيائي [لوي كاليثيه (1832-1933) Louis Cailletet]

والكيميائي [إميل ماتيه (1861-1942) Emile Mathias]

وينص على العلاقة الخطية بين معدل كثافة سائل ما وبخاره المشبع مع درجة حرارته. إلا أن الاستدراك هنا واجب لبيان حقيقة شذوذ المعادن المسالة عن هذا القانون وفي درجات معينة. أعاد (كارل و. هول - Carl W. Hall) في كتابه (نماذج وقوانين: في العلوم والهندسة والتكنولوجيا) صياغة هذا القانون لغويا فصار ينص على: وجود العلاقة أو الدالة الخطية بين المعدل الحسابي لمجمل كثافات سائل مستقر وبخاره المشبع وبين درجة حرارته. ويعبر عن ذلك رياضيا بالمعادلة التالية:

$$(d_l + dv) / 2 = A + Bt$$

حيث يمثل (d_l) و (dv) كثافتني كل من السائل وبخاره على التوالي.

و (A) و (B) ثابتان يتعلقان بالسائل قيد الدرس، حيث لا بد أن تكون قيمة (B) سالبة.

و (t) - درجة حرارة السائل مقاسة بالدرجات المئوية - السيلسية -.

لقد تم تحوير هذا القانون في عام (1900) من قبل الكيميائي البريطاني [سدني يونك (1857-1937) Sidney Young]، كما يمكن الرجوع إليه تحت اسم آخر هو قانون (كاليثيه - ماتيه للأقطار الخطية).

قانون دول للتطور

Dollo's Law of Evolution

قانون بيولوجي وضعه عام (1890) المؤرخ وعالم الحفريات

البلجيكي - فرنسي المولد [لوي دول (1857-1931) Louis Dollo]

والذي يمكن اختصاره بالجملة المفردة القاطعة التالية - لارجعة في التطور -، أما تفصيل ذلك فيمكن فهمه من حقيقة استحالة استعادة الحصول على أي من الأعضاء أو الفعاليات التي تم فقدانها من قبل أي كائن حي عبر الزمن بعكس نفس طريقة التطور التي فقدها فيها بالضبط. هذا وينص (قانون دول) والذي يعتبر من مسلمات نظرية التطور على استحالة تدهور تطور أي كائن حي وعودته إلى الحالة التي كان عليها عن طريق عكس عین المسار الوراثي (المفقود) الذي سلكه للوصول إلى حالته الراهنة. ولكن بإمكانه (إن حاله الحظ النادر) أن يجد مسالك مغايرة يتم انتخابها عن طريق انتقاء سلاسل الأحداث والخطوات التطورية عشوائياً فقط.

ولتوضيح ذلك دعني أسوق المثال التالي على لسان المؤمنين بنظرية التطور؛ يستحيل على الحيتان سلوك سلسلة التغيرات عبر طريق تطورها عودة إلى إمكانية رجوعها كائنات تمشي على اليابسة من خلال عكس التطور الطبيعي وتكيف لواحق حوضها إلى زعانف والتي تعتبر بقايا مطورة لما يقابل الأرجل والأطراف الخلفية لدى الإنسان وحيوانات اليابسة على التوالي. (وللايضاح انظر:

The Long and the Short of It: More Essays on the Fiction
of Gene Wolfe, by Robert Borski).

لقد بسط الكاتب (ريتشارد داوكنز - Richard Dawkins) في مؤلفه الموسوم (الساعاتي الكفيف: كيف أثبت التطور حقيقة فقدان النظام في الكون) بقوله إن (قانون دول) هذا ما هو إلا تصريح رياضي مفاده مقارنة الاحتمالية الإحصائية الصفرية (بمعنى شبه استحالة) لسلوك ذات المنحى التطوري (أو أي سبيل أو مسار آخر) مرتين، صعوداً كان ذلك



أم هبوطاً. وقد نتفق هنا في هذا المجال على احتمال وإمكانية عكس خطوة أو طفرة تطورية واحدة ولكننا لا بد أن نتفق بأن احتمالية إعادة الملايين الملايين من الطفرات الوراثية القهقري لا بد (وإن حصلت) أن تكون من الضآلة. يمكن جعلها أقرب إحصائياً إلى (الصفر) منها إلى أي شيء آخر.

يطرح (كارل و. هول - Carl W. Hall) في كتابه الموسوم (نماذج وقوانين: في العلوم والهندسة والتكنولوجيا) مفهوماً توضيحياً حول إشكالية إعادة التطور (أو الطفرات) الوراثية إلى السوراء بقصد استعادة ما تم الاستغناء عنه وتحويره من صفات و/أو أعضاء لدى الكائنات الحية، مفاده أن احتمالية التطور طبيعياً (أو بالطفرات الوراثية) هو احتمال قائم لا شك في ذلك، كما ويمكن إضفاء المصادقية وإمكانية حدوث التطور العكسي. بمعنى فقدان المواصفات التي تم اكتسابها عن طريق التطور الطبيعي، هذا من جهة ولكن لا بد لنا من الإقرار باستحالة استعادة الصفات التي فقدت بنفس هذا الأسلوب من جهة ثانية.

يناقش بعض علماء وباحثي الأحياء والوراثة نظريات أخرى مفادها تعليل التطورات والتغيرات الوراثية وإرجاع أسبابها إلى جينات قد سبق إحباطها طبيعياً أو مختبرياً ويطرحون احتمالية استعادة ظهور بعض الصفات التي فقدت بتلك الطريقة بواسطة إعادة تنشيط الجينات التي تم إحباطها آنفاً. وقد نصادف في ممارساتنا الطبية أمثلة طبيعية تؤكد نكوص الخط التطويري في أحيان نادرة كمثّل ظهور (حُلْم) إضافية أو ثدي ثالث لدى إناث البشر أو فشل ضمور الأغشية (الصفاقية) ما بين أصابع الأرجل. (وللاستزادة انظر:

Michael Le Page, "The Ancestors Within All Creatures". New Scientist,

January 13, 2007.)

قانون لزوجة الغازات لسوذرلاند

Sutherland's Law of Gas Viscosity

قانون يطبق في مجالي الكيمياء والفيزياء اكتشفه عام (1893):

العالم النظري الفيزيائي الأسكوتلاندي [وليم سوذرلاند William Sutherland
[1859-1911]

ويتضمن تقنين العلاقة بين لزوجة (ηT) غاز ما في درجة حرارة معينة (T) ولزوجته (η_0)

في درجة حرارة قياسية أخرى (T_0)، ويكتب القانون رياضياً على الشكل التالي:

$$\frac{\eta T}{\eta_0} = \frac{T_0 + S}{T + S} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{3/2}$$

حيث تمثل S - ثابت سوذرلاند ويعبر عن الحرارة بدرجات الحرارة المطلقة (كالفن). ولد (سوذرلاند) في منطقة (كلاسكو) شمال بريطانيا ولكن سرعان ما هاجرت عائلته لتستقر في أستراليا ولما يبلغ ريعان صباه بعد. ولعل في الطرح التالي مثالا آخر يدل بوضوح على إمكانية توصل عالمين أو أكثر إلى ذات الاستنتاج العلمي كل على انفراد ودون أدنى علم لأحدهما بالآخر.

لقد تمكن (سوذرلاند) من اشتقاق العلاقة التي تربط معامل نفوذية مذيّب ما بدرجة لزوجته وبقطر الجزيئات النافذة، تلك العلاقة التي نشرها عام (1905) في (نيوزلندا) بعد أن ألقاها في مؤتمر علمي هناك في العام السابق (1904). أما (اينشتين) فقد تمكن من نشر ذات المعادلة التي ضمنها أحد أبحاثه حول طبيعة الحركة البراونية⁽¹⁾ (Brownian Motion) وذلك في وقت لاحق من عام (1905)

وكان قد توصل إليها عن طريق ذات السلسلة المنطقية من التفكير الرياضي والحدس العلمي

(1) هي طبيعة الحركة العشوائية التي تنتهجها الجزيئات المعلقة في محلول. (المترجم).



التي سبق وأن قادت (سوذرلاند) لها. أما اليوم فمعادلة الصفات النفوذية والتي لا بد لها أن تسمى باسم مكتشفها كمعادلة (سوذرلاند - اينشتين للتنافذ) صارت تعرف منذ ذلك الحين وإلى اليوم وبكل بساطة باسم معادلة (اينشتين للتنافذ) وهكذا طمس العالم حق هذا العالم في تسميته حقه باسمه شأنه وما يذهب إليه غالباً إن لم نقل دائماً.

والحدس العلمي الذي سبق وأن قاد (سوذرلاند) لها. أما اليوم فمعادلة الصفات النفوذية والتي لا بد لها أن تسمى باسم مكتشفها كمعادلة (سوذرلاند - اينشتين للتنافذ) صارت تعرف منذ ذلك الحين وإلى اليوم وبكل بساطة باسم معادلة (اينشتين للتنافذ) وهكذا طمس العالم حق هذا العالم في تسميته حقه باسمه شأنه وما يذهب إليه غالباً إن لم نقل دائماً.

قانون القوى (الكهربائية المستقرة والمغناطيسية) للرونز

Lorentz Force Law

قانون فيزيائي ابتدعه عام (1895)

الفيزيائي الألماني [هندريك لورنز - Hendrik Lorentz (1853-1928)]

وينص على أن الصيغة الرياضية للمعادلة التي تحدد القوة (F) المؤثرة على جزيئة ما تحمل شحنة كهربائية مقدارها (q) وبسرعة مقدارها (v) استقرت في حقل مغناطيسي قيمة حثه B يصاحبه حقل كهربائي قوته E ، هي

$$\mathbf{F} = q (\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

وتوضح هذه العلاقة حقيقة تأثير القوة الكهرومغناطيسية الكاملة (F) على جزيئة ما صادف وجودها في مجال حقلين الأول كهربائي والآخر مغناطيسي. تبرز أهمية هذه المعادلة في نجاحها مرارا وتكرارا في التجارب المختبرية التي صممت لاختبارها حتى ارتقت إلى منزلة القانون التام. هذا من جهة، ومن جهة أخرى تم تأكيد صمودها باستخدام جزيئات ذرية دقيقة كالإلكترون وهو منطلق بسرعات هائلة تقرب من سرعة الضوء. فتم بواسطتها إثبات استقرار وحدة الشحنة الكهربائية الموشحة للإلكترون من ناحية المفهوم النسبي وعدم تأثير قيمتها مهما بلغت إزاحتها. ساهمت هذه المعادلة مع (معادلات ماكسويل) في إرساء دعائم علم الديناميكا الكهربائية وتوحيده.

(للاستزادة انظر: Electrodynamics of Solids and Microwave

(.Superconductivity by Shu-Ang Zhou)

الفصل الرابع

القرن العشرون (١٩٠٠) وما بعده



قانون التمدد الحراري لكرونيسن

Gruneisen's Law of thermal Expansion

قانون فيزيائي اكتشفه عام (1908) الفيزيائي الألماني

[ادوارد أ. كرونيسن (1877-1949) Eduard Gruneisen]

وينص على ما يلي: (حسب معجم النظريات لجنيفر بوتاملي) تبقى نسبة تمدد معدن ما إلى قابلية حرارته النوعية ثابتة وعلى مدى واسع من درجات الحرارة، إذا ما ظل الضغط المسلط عليه ثابتاً، ويمكن إعادة صياغة القانون بطريقة أخرى حسب ما جاء به (كونثر هارت وك - Gunther Hartwig) في مؤلفه (صفات اللدائن في درجات حرارة الغرفة وعند درجات البرودة القصوى) لينص على تناسب معامل التمدد الحراري (α) للمعادن مع حرارتها النوعية (c). وبالإمكان التعبير عن قانون (كرونيسن) رياضياً بالشكل التالي:

$$\alpha = (13/)(\rho/K)\gamma c$$

حيث ρ - هي كثافة المعدن

و K - هو ثابت يمثل ممانعة المعدن للانضغاط (Bulk Modulus)⁽¹⁾

و γ - هو بعد كرونيسن⁽²⁾

(1) Bulk Modulus - ثابت ممانعة الانضغاط ويمثل مقلوب قابلية انضغاط أي مادة ويعرف بأنه مقدار الضغط اللازم لتسليطه على حجم معين من معدن لإحداث نقص نسبي فيه - (المترجم).

(2) Gruneisen Dimention: ويعرف بأنه مقدار التغير في نية الكيان البلوري لمعدن ما نتيجة لتعرضه لتغير في درجة حرارته - (المترجم).

قانون سابين لمواصفات الصدى

Sabine's Law of Acoustics

قانون فيزيائي عمل على إيجاده وأوجده بالفعل عام (1910)
العالم البريطاني [والس سابين (1868-1919) Wallace Sabine]

قبل شرح القانون دعني أولاً أعرف مصطلحاً مهماً في هذا الخصوص وهو زمن الارتداد الموجي (Reverbration Time) ودعنا للبساطة تسميته بـ (الصدى) ويعني الزمن اللازم لتدني شدة الصوت إلى مقدار يساوي [10 عشرة مرفوعة إلى القوة السالبة السادسة] واحد من مليون من قيمتها الأصلية، كما أنه قد يعرف بأنه عدد الثواني اللازمة لتدني شدة الصوت بمقدار (60) ستون ديسي بل⁽¹⁾.

ينص قانون (سابين) على تناسب زمن الارتداد الصوتي (أو الصدى) لأي مسرح أو قاعة مع حجمها مقسوماً على كامل قيمة الامتصاص الصوتي لها.

بدأ (سابين) أبحاثه وتجاربه بهذا الخصوص عام (1885) عندما اكتشف المعنيون عيوباً فائقة في المواصفات الصوتية لقاعة متحف (فوغ - Fogg) للفنون، حينها لم يجد عميد (جامعة هارفرد) مناصاً من استدعاء أستاذ الفيزياء الشاب في الجامعة (سابين) والرجاء منه عمل (شيء ما) حيال تلك المشكلة. شرع (سابين) بعمله بالقيام بالعديد من التجارب الصوتية التي شملت مختلف قاعات المحاضرات والتدريس في الجامعة مستخدماً أنواعاً متعددة من حشوات كراسي الجلوس بمواصفات امتصاص صوت مختلفة، كما استخدم أنابيب آلة (أرغن) متنقلة من أجل إصدار الأصوات واختبار جودة الاستماع إلى ألحانها بالإضافة إلى ساعة توقيت وحاسة أذنه الموسيقية. كل ذلك لتحديد الاختلافات وإجراء القياسات. استمر

(1) The Decibel: وحدة قياس فيزيائية لمقدار الطاقة والشدة وتعني النسبة بين كميتين كهربائيتين أو صوتيتين وتساوي 10 أضعاف اللوغاريتم الطبيعي لتلك النسبة. وسيت نسبة إلى [الكسندر كراهام بل (1847-1922) Alexander Graham Bell] وهو عالم حبيب ومخترع بارع ومهندس فذ ومبتكر أصيل. يعود إليه فضل اختراع أول جهاز هاتف عملي في العالم. (المترجم).



في عمله على هذا السؤال حتى تمكن من وضع قانونه (قانون سابين للصدى). ولمزيد من الإيضاحات انظر:

(Sound System Engineering, by Carolyn Davis and Don Davis).

قانون جايلد لتيار ثنائي الأقطاب (الدايود)

Child's Law of Diode Current

وضع هذا القانون الفيزيائي المهم لشبه الموصلات عام (1911) الفيزيائي
الأمريكي [سلمنت دكستر جايلد (1868-1933) Clement Dexter Child]

ينص على تناسب تيار المجال المحدود بالشحنة [The space charge – limited
(SCLC) – current] لثنائي أقطاب (دايود) طرد يامع الأس $(3/2)$ لفولتية الانود وعكسيا مع
مربع المسافة الفاصلة بين قطبي الانود والكاثود. وعلى القراء المهتمين بالاستزادة في مجال مثل هذه
التيارات الكهربائية الرجوع إلى الكتاب الموسوم:

(Dielectrics in Electric Fields, by Gorur G. Raju)



مبدأ جيجر - نوتال لطاقة الجزيئات المشعة

The Geiger - Nuttall Rule of Particle Energy

مبدأ من مبادئ الفيزياء الذرية اكتشفه عام (1911) عالمان هما: الفيزيائي

الألماني [هانس ولهم جيجر (1882-1945) Hans Wilhelm Geiger]

والفيزيائي البريطاني [جون نوتال (1890-1985) John Nuttall]

وينص على اعتماد طاقة جسيمات ألفا (λ) المنطلقة من مختلف (نيوكليدات)⁽¹⁾ مجموعة

مشعة على نصف العمر الزمني لكل (نيوكليد) وذلك وفق المعادلة التالية:

$$\ln(\lambda + c) = \ln R$$

حيث يمثل λ - ثابت التحلل الذري لكل نيوكليد

و c - ثابت خاص بالمجموعة المشعة كاملة

و R - مدى جزيئات الفا (α) في الوسط المعني.

يذكر كل من (نيلز ويبرك - Nels Wiberg) و (أ.ف. هولمن - A.F. Holleman)

و (ايكون وير - Egon Wiber) في كتابهم المعنون (كيمياء هولمن - ويبرك اللاعضوية)

ما مفادة إمكانية حساب قيمة ثابت تحلل (أو نصف عمر) العناصر القلقة - أي ذوات الأعمار

القليلة باستعمال قاعدة (جيجر - نوتال) وهي:

$$\lambda = -37.7 + 53.9 \times \log - R$$

لمجموعة عنصر اليورانيوم المشعة، وبالإمكان الاستنتاج من ذلك بأن ثابت التحلل

(λ)⁽²⁾ (لعنصر اليورانيوم) ذي الوزن الذري (214) والعدد الذري (84) والذي يبلغ مدى

(1) (Nuclide) - ويعرف بأنه نواة ذرة عنصر ما بما تحويه من البروتونات والنيوترونات اللاتي يكون الوزن الذري لذلك العنصر. أما مجموع عنصر ما فيقصد بها مختلف النظائر (Isotopes) التي تولف لفيف (النيوكليدات) الناعمة له. (المترجم).

(2) Decay Constant [λ]: هو ثابت المعادلة التفاضلية التي تحكم التحلل الأسّي لمادة تنقص بدالة متناسبة مع حجمها: هكذا،

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}, \text{ أي أن } dN/dt = -\lambda N$$

حيث $N(t)$ = مقدار حجم المادة في الزمن (t)

و (e) = مقدار اللوغارتم الطبيعي. (المترجم).

جزيئات ألفا (α) في وسطه ($R = 6.6 \text{ cm}$) يبلغ حوالي (10000). ينسب إلى (معجم علم المواد وفيزياء الطاقات الفائقة) لمحرره (دبك ك. باسو - Dipak K. Basu) تأكيده على العلاقة العكسية بين مقدار الطاقة المتبدية من عنصر ما عن طريق جزيئات ألفا (α) التي يشعها وبين نصف عمره المفترض. وبالإمكان رسم المنحنيات البيانية المتناسقة لأنوية مختلف العناصر الحاوية على نفس العدد الذري (Z) رغم وجود بعض الاستثناءات. أما تفسير ذلك فكان من ضمن الإنجازات المتقدمة التي أتحدثنا بها نظرية (ميكانيكا الكم) فيما يخص المعمار النووي. يصوغ موقع الموسوعة الإلكترونية (الويكبيديا) المعادلة الحديثة للقانون رياضيا بالشكل التالي:

$$\ln \lambda = -a_1 (Z/\sqrt{E}) + a_2$$

حيث يمثل Z - العدد الذري للعنصر. و E - مقدار كامل الطاقة الحركية لجزيئات ألفا (α) المنبعثة والنواة الفتية الناتجة. و a_1 و a_2 - ثوابت العلاقة.



قانون امتصاص الفوتونات لأينشتين وستارك

The Einstein - Stark Law of photon Absorption

قانون كيميائي مختص بالكيمياء الضوئية ابتدعه عام (1912) العالمان: الفيزيائي

الأمريكي - ألماني المولد [ألبرت أينشتاين (1879-1955)]

والفيزيائي البافاري [يوهانس ستارك (1874-1957)]

وينص على أنه لا يسع أي ذرة في جزيئه إلا أن تمتص فوتونا واحدا فقط عند تعرضها لتفاعل كيميائي

- ضوئي معين.

راجع (Chemical Oceanography, by Mary L. Sohn) كما يمكن صياغة

نص هذا القانون بالشكل التالي: لا يسع امتصاص وحدة كيميائية واحدة من الطاقة

الإشعاعية إلا أن تولد درجة واحدة من درجات التحفيز الضوئي. راجع (The

Organic Chemistry Problem Solver by James R. Ogden)

وبإمكاننا وضع التعبير الختامي التالي لهذا القانون كما يلي: في تفاعل كيميائي - ضوئي مقترن

لا يسع امتصاص فوتون واحد من الطاقة الضوئية إلا إحداث تغير واحد فقط في إحدى جزيئات

المادة الحساسة المعنية الداخلة في ذلك التفاعل، إلا أن الملاحظ في التفاعلات الكيمو ضوئية

متعددة المراحل (كعملية التمثيل الكلوروفللي أو ما تسمى بعملية التركيب الضوئي في النبات)

حاجة الجزيئية الواحدة من مركب ثاني أو أكسيد الكربون المختزل (لأجل ربطه وإدخاله ضمن

جزيئة الكلوكوز الناتجة) إلى حوالي (8-20) فوتوناً ضوئياً لإتمامها. (راجع كتاب:

The Silver cultural Basis for Agroforestry Systems edited by,

Mark S. Ashton and Florencia Mantagnini

لاشك أن تاريخ حياة (اينشتاين) وسيرته تحتاجان إلى أكثر من عجالة للإلمام بها، ولكن

من الملفت للنظر والدهشة وجود العديد من المحطات المشوقة والانعطافات الملفتة في حياة

(يوهانز ستارك) إليك لمحات منها.

ففي عام (1919) حاز (ستارك) على (جائزة نوبل) للفيزياء عن بحوثه المتميزة وأعماله البارعة في نطاق (اكتشاف تأثيرات ظاهرة دوبلر في إشعاعات الأقنية وفصل خطوط الطيف في الحقول الكهربائية)، كما تمكن من نشر أكثر من (300) بحث علمي في حياته.

لقد شكل (الفيزيائي اليهودي - اينشتين) غصة في حياة (ستارك) وشوكة في حلقه فلم يكن يطيقه أبداً كما لم يكن يكن أي حب أو ذرة احترام (اليهودي المتعجرف) الآخر (ورنر هايزنبرك - Werner Heisenberg)، طفح كيل (ستارك) حينما نشر (هايزنبرك - Werner Heisenberg)، دعمه وإسناده لنظرية اينشتين النسبية، الأمر الذي دفعه إلى تجسيد حنقه على الاثنين بنشره لمقالة لاذعة في صحيفة البوليس السري الألماني المعروف بالـ SS والمسماة بـ (Das Schwarz Korps) يصف الأول (باليهودي الأبيض)، وهي صفة مستهجنة في حينها، هذا وقد استمر (ستارك) في منجاة مهاجماً عالمي الفيزياء النظرية الاثنين محذراً من خطر تحول علم الفيزياء الذرية في ألمانيا (النازية) إلى (علم يهودي بحث!)، داعياً إلى حفظ العلم بصورة عامة وفروع الفيزياء بصورة خاصة وجعلها ألمانية خالصة خالية من الجذور والأصول أو حتى من الفروع اليهودية، داعياً إلى تطهيرها منهم. حوكم (ستارك) بعد الحرب العالمية الثانية، وأدين من قبل إحدى المحاكم المختصة باجتثاث النازية التي قضت بسجنه لمدة أربع سنوات طوال عجاف.



قانون ليفت لبريق ولمعان النجوم

Leavitt's Luminosity Law

قانون فلكي ابتدعته عام (1912) الفلكية الأمريكية الالامعة

[هنرييتا ليفت (1868-1921) Honrietta Leavitt]

يُعرّف (السيفيد المتغير - Cepheid Variable - [راجع الوصف التوضيحي له من قبل المترجم عند حاشية صفحة (929)] بأنها نجمة يتغير لمعانها بصورة دورية.

وينص قانون (ليفيت) على تناسب دورة (نجوم السيفيد المتغيرة) طردياً مع درجة لمعانها، بمعنى زيادة الفترة اللازمة لها لإنهاء دورتها كلما زادت شدة تألقها ولمعانها، أما المقصود (بالدورة هنا) فهي الفترة الزمنية اللازمة لتلك النجوم والسدم لإكمال حالتين متعاقبتين (الأولى) حالة الخفوت والثانية حالة التألق واللمعان) والحالتان مهمتان جداً لتقدير المسافة الفاصلة بينها وبين النجوم والمجرات المجاورة و/أو البعيدة عنها.

عُيّنت (ليفيت) - وعن جدارة - عام (1902) كعضو عامل دائم في مرصد (كلية جامعة هارفرد) الشهيرة، وهناك عكفت على دراسة المئات من الألواح الفوتوغرافية الحاوية على النجوم المتغيرة الموجودة في غمامة ماجلان⁽¹⁾، وتمكنت بعد جهد جهيد وتعب مضن، وباستعمال التقنية المعروفة بالإسقاط⁽²⁾ من اكتشاف المئات منها هناك.

أثنى العالم المعروف (شارل يونك Charles Young) والذي كان يشغل منصبا مرموقا في جامعة (برنستون - Princeton) آنذاك في رسالة خطية موجهة

(1) Magellanic Clouds - هما مجرتان قرمتان (الكبرى والصغرى) اعتقد سابقا أنهما كانتا تدوران ضمن مجرتنا - درب التبانة - جاء ذكرها أول مرة في سجلات البابليين الفلكية على رؤسهم الطينية وذكرها الفلكي المسلم (الصوفي) عام 964، وذكر إمكانية رؤيتها في سماء منطقة ناب المثلث وليس في سماء بغداد. (المترجم)

(2) Superposition - تعني معالجة الصور الفوتوغرافية للنجوم في السماء وإطباقها الواحدة فوق الأخرى لتحديد أماكن النجوم والسدم والمجرات التي قد تظهر متقاربة جداً لفلكي الأرض. (المترجم)

إلى مدير مرصد كلية جامعة هارفرد البروفسور (ي.ك. بكرنك - E.C. Pickering) على الاكتشافات المذهلة التي حققتها (ليفث) وأسبغ عليها الكثير من الإطراء وعبارات الاحترام والتقدير، وترجم إعجابه بها ويعملها قائلاً: [ما أعجب هذه الآنسة الذكية الماكرة بل وما أحذقها!!] فهي (نجمة متغيرة) بحق، دائمة التقلب والتغير والتألق لدرجة أعجزتني ومن معي على متابعة إنجازاتها العلمية واكتشافاتها الفلكية التي ما فتئت (تُطرننا) بها!!].

أسدل الستار الحزين على حياة هذه المرأة اللامعة التي شاركت جل العظماء في الأسلوب المساوي الذي عادة ما (تكرمهم!!) به الحياة عند وداعهم فلقد اختطفها داء السرطان ولما تتجاوز ريعان العمر، حيث ووري جثمانها الثرى ولما يقل لسانها كل ما عنده، ولم يفصح عقلها عن كل ما فيه بعد!.

آمن الكثير من العلماء والمختصين المعاصرين واللاحقين لها بعبقريتها وبأهليتها لنيل (جائزة نوبل) والتي كانت - ولاشك - ستناهلها لولا أن تخطفها من بين ظهرانيهم أصابع المنون. انظر كتاب (The Stars of Heaven) للمؤلف الدكتور (بكوفر).



قانون فريدل لانعكاس أشعة إكس

Friedel's Law of X-Ray Reflection

قانون فيزيائي توصل إلى اكتشافه عام (1913) الفيزيائي الفرنسي

[جورج فريدل (1865-1933) Georges Friedel]

وينص على تساوي شدة انعكاسات الأشعة السينية (أشعة إكس) من الوجوه المتعاكسة لمستوى بلوري معين، ويمكن إعادة صياغته بلغة العلوم البلورية ودراساتها (Crystallography) وكتابته رياضياً بالشكل التالي:

$$I_{hkl} = I_{-h-k-l}$$

ويعني مركزية تناظر توزيع شدة الشعاع في منظومة استطارته.

حيث يعني I - شدة الأشعة السينية (Intensity).

و h - هو ثابت (بلانك).

و k - هو ثابت (بولتزمان).

و l - هو البعد المقاس ما بين سطحين أو وجهين لذات البلورة.

وتدل الإشارة السالبة على يمين المعادلة على عكس الاتجاه.

قانون موسلي لانبعاث أشعة إكس

Moseley's Law of X-Ray Emission

قانون فيزيائي وضعه عام (1913) الفيزيائي الإنكليزي

[هنري موسلي (1887-1915) Henry Moseley]

يصف أسلوب توزيع شدة (أشعة إكس) على كامل طيف انبعاثها للعناصر. ولتوضيح هذا القانون أكثر وفهم أهميته بإمكاننا ربط أكثر خطوط الأطوال الموجية القصيرة شدة لعنصر ما (على مدى طيف أشعة إكس) بعدده الذري بالمعادلة التالية:

$$\sqrt{f - k_1} = (Z - k_2) \cdot k_3$$

حيث يمثل f - مقدار ذبذبة خط انبعاث أشعة إكس الأساسي
و Z - العدد الذري للعنصر.

K_2, K_1 - ثابتان يعتمدان على طبيعة خط الانبعاث المختار.

واضح (موسلي) على إجراء تجاربه بغية التوصل إلى قانونه المذكور واعتمد أسلوب تصوير (الأشعة السينية أشعة إكس) على العديد من المعادن (كأهداف) ومن ثم تحديد الأطوال الموجية لأطوال الخطوط الناتجة عن ذلك، ولقد أصبحت تلك الخطوط وأطوالها الموجية المحددة بدقة (كبصمة أصبع!) لكثير من المواد ولاسيما العناصر لتمييزها الواحد عن الآخر وبذلك اعتمدت كطريقة علمية فعالة لذلك، خصوصا للتأكد من كون مادة ما عنصرا نقيًا من عدمه. ومن تطبيقات واستعمالات هذه الخطوط أيضا توظيفها للتعرف على العناصر المكتشفة الجديدة عن كذب وتحديد مواصفاتها تمهيدا لوضعها في موضعها الملائم والمحدد في الجدول الدوري⁽¹⁾ للعناصر سابق الذكر.

لم يعيش (موسلي) طويلا ليتمتع بشمرات إنجازاته العظيم، فلقد اقتطعت روحه رصاصة قناص

(1) راجع مدخل (قانون مندليف الدوري للعناصر) على صفحة (976). (المترجم).



في واحدة من عمليات الحرب العالمية الأولى.

لقد بلغ تقدير العلماء والباحثين لما أنجزه (موسلي) حداً لم يساورهم الشك معه في أن (موسلي) هذا كان سيكون من الحائزين على (جائزة نوبل) للكيمياء إن عاجلاً أم آجلاً بسبب أهمية اكتشافه الفريد وتأثيره المباشر على سير تاريخ الكيمياء، فبواسطة قانونه أمكن للعلماء والدارسين تحديد العدد الذري للعناصر الجديدة المكتشفة باستعمال الأشعة السينية وهذا إنجاز عظيم. بمقاييس العلم لا يشق له غبار.

في حياتنا الدنيا هذه يفوق الاهتمام بالأحياء اهتمامنا بالأموات، ولذلك لا تمنح جائزة نوبل إلا للأفذاذ المتميزين (الأحياء). (انظر كتاب:

Undergraduate Instrument of Analysis, by James W. Robinson, Eileen M. Skelly Freme, and George M. Frame II.).

قانون ستينمتز للمغناطيسية

Steinmetz's Law of Magnetism

قانون فيزيائي توصل إلى وضعه عام (1961) المهندس الكهربائي الأمريكي

[شارل ستينمتز (1865 - 1923) Charles Steinmetz]

وينص على امتصاص المواد المعروفة بالمواد المغناطيسية لشيء من المغناطيسية واحتفاظها بها حين إخضاعها لأي حقل مغناطيسي خارجي يسלט عليها، وتحتفظ تلك المواد المغناطيسية بشيء من تلك الكمية من المغناطيسية التي اكتسبتها من الحقل الذي سلط عليها داخلها حتى بعد إزالته ولفترة معلومة من الزمن، وهذا وتم إطلاق اسم النكوص أو الارتداد⁽¹⁾ على هذه الظاهرة. ويمكننا - بالاستناد على هذا القانون حساب مقدار الجهد اللازم لإزالة ما تبقى من الخاصية المغناطيسية في المواد المغناطيسية كلما أعيدت دورة مغنطتها وذلك حسب القانون التالي:

$$W = \eta B_m^{1.68}$$

حيث يمثل W - مقدار الجهد اللازم.

و B_m - غاية قيمة الحث المغناطيسي المتولد من دورة المغنطة.

و η - معامل (ستينمتز) ويمثل إحدى خواص المادة تحت الاختبار.

ساق الكاتب (جيمس ر. اوكدن - James R. Ogden) في مؤلفه الموسوم (حلال مشاكل المكاين الكهربائية) مسألة رياضية بسيطة وضع فيها كيفية التطبيق العملي لهذا القانون وكيفية الاستفادة منه في حساب مقدار الجهد الضائع في المحركات الكهربائية والتي تستخدم دورات المغنطة وعكسها تبادلياً لإنجاز العمل المناط بها وذلك وفق المثال التالي:

أوجد مقدار الجهد الضائع في دورة اشتغال أحد المحركات الكهربائية، إذا علمت أن

(1) Hysteresis: وهي ظاهرة احتفاظ المواد المغناطيسية بشيء منها بعد إزالة الحقل الذي أوجده. وأصل الكلمة (إغريقي) بمعنى التأخر أو النكوص وهو المصطلح الذي يطلق على (رحم المرأة) - لا احتفاظ - بالجنين داخله، ومنه اشتق اسم مرض (الهستيريا - أو الهزع) وهو اضطراب عصبي يسبب نوبات عنيفة من الضحك أو البكاء أو غيرها من الأمراض الوهمية. (المترجم).



مقدار حجم كتلة الحديد (والمسحوبة على شكل صفائح لصناعة قلب مغنايطه) المستعملة فيه يبلغ (40) سنتيمترا مكعبا. ويبلغ مدى أعلى فيض مغناطيسي داخله أثناء اشتغاله (8000) كاوس. علما أن معامل (ستيمتر) لصفائح الحديد المستعملة في بنائه هو (0.004).
 لحل هذه المسألة لابد أن نستعمل (قانون ستينمتر) آنف الذكر وهو:

$$W = \eta B_m^{1.68}$$

بالتعويض المباشر نجد أن $W = 0.004 \times (8000)^{1.68}$
 للدورة الواحدة = (7028) ergs / cm cubed
 وبما أن حجم صفائح الحديد المستعملة في صناعته يبلغ (40) سنتيمترا مكعبا كما أسلفنا،
 لذا $40 \times 7028 =$ مقدار الجهد الضائع أي = 281000 (erg) لكل دورة.
 ويساوي = للتحويل (دورة / 281000erg) \times (1erg / جول 0.0000001)
 ويساوي = 0.0281 جولاً / للدورة الواحدة.

ولعل من سخریات القدر ألا يتجاوز طول (ستينمتر) الحائز على ماينيف عن (200) براءة اختراع الأربع أقدام أي حوالي (124) سنتيمترا، ومع ذلك فقد تمكن من نيل شهادة الدكتوراه في عام (1888). لقد ناهض عالمنا الفذ النازية وتوقع سقوط الفكر العنصري الألماني، إلا أن أفكاره تلك سرعان ما وضعت في منتصف بؤرة الضوء وضمن دائرة الملاحقة والعقاب الذي أحس هو به والذي كاد أن يصبح حقيقة واقعة بعد أن نشر آراءه جلية واضحة في إحدى مقالاته التي تنتقد السياسة والحكومة الألمانية بشدة، الأمر الذي أجبره على الفرار من وطنه واللجوء إلى الولايات المتحدة والحصول على جنسيتها ويقضي بقية عمره فيها. لم تخل حياة هذا العبقرى من بعض الطرائف والنوادر سيما تلك التي ذكرها (بوب فنستر - Bob Fenster) في مؤلفه الساخر (ما مر به العظماء والمشاهير من طرائف وغرائب المواقف والحوادث وأكثرها دهشة وغباء!!)، وملخصها أن ستينمتر كان قد تعاقد مع شركة جنرال موتورز المعروفة للعمل كمهندس فيها، ولما سأله رئيسه عن تفاصيل مصاريف إحدى

قوائم التي قدمها للشركة آنذاك والتي بلغت (10000) دولار - وهو مبلغ ضخم للغاية في حساب ذلك الزمان: ما كان من صاحبنا إلا أن استل قلمه وكتب به على قطعة صغيرة من الورق أمامه السطرين التاليين ودفع بها إلى محاسب الشركة الذي فغر فاه دهشة مما قرأ:

| المبلغ | التفاصيل |
|----------------|---|
| دولار واحد | قلم رصاص (عدد واحد) استعمل للكتابة |
| 9,999 دولار!!! | كمية العلم والجهد الذهني الذي خطه القلم المذكور أعلاه |



قانون بوز وأينشتين لتوزيع الطاقة

The Bose - Einstein Distribution Law

قانون فيزيائي وضعه عام (1924) العالمان:

الفيزيائي الهندي [ساتيندرا ناث بوز (1894 - 1974) Satyendra Nath Bose]⁽¹⁾

والفيزيائي الأمريكي الشهير ألماني المولد

[ألبرت أينشتين (1879 - 1955) Albert Einstein]

وله بعض التطبيقات الملموسة ويمكن استعماله لدراسة مواصفات (الأجسام السوداء)⁽²⁾ وأسلوبها في إشعاع طاقتها، كما أن له تطبيقات عميقة معقدة في دراسة بعض الجسيمات الأولية كالـ بوزونات⁽³⁾ فهو يخبرنا بأعدادها المتماثلة المتوقعة في أي حالة من حالات الطاقة (E). والبوزون في الفيزياء عبارة عن جسيم ما دون الذري كالـ فوتون (Photon) والـ بيون (Pion)⁽⁴⁾ وـ جزيئات ألفا (Alpha Particles)، ويملك درجة لف (Spin)⁽⁵⁾ تساوي رقماً صحيحاً أو صفراً. وبإمكان أي حالة من حالات الطاقة (E) استيعاب عدد لا نهائي منه. وينسب إلى كتاب مبادئ الكيمياء الحديثة لـ (ريتشارد ت. ويدنر - Richard T. Weidner) و (روبرت ل. سلز - Robert L. Sells) إمكانية تطبيق قانون توزيع (بوز - أينشتين) لدراسة أي نظام يحتوي على الجزيئات ما دون الذرية غير المحددة تحوي كل منها على عدد (لف) صحيح.

(1) Satyendra Nath Bose فيزيائي هندي اختص في موضوع (الفيزياء الرياضية). وغير ما عرف عنه اجتهاده في حقن (ميكانيكا الكم) في بداية عشرينيات (1920s) القرن الماضي، الأمر الذي مهد لإرساء أسس (إحصاء بوز - أينشتين) ونظرية (تكاثر بوز - أينشتين) يعود إليه الفصل في وضع اسم (البوزون - boson). (المترجم).

(2) Black Bodies - راجع مواصفات الأجسام السوداء وشرحها في الفصل المخصص لها في صفحة (851). (المترجم).

(3) Boson - جسيم ما دون ذري واسم مشترك يطلق على الفوتون أو الميزون اللذين يمتازان بخاصية (لف) صفرية أو بأعداد كاملة. (المترجم).

(4) Pion - هو ميزون ناتج من اتحاد كوارك صاعد وكوارك نازل ومضاداتهما ويمكن أن يكون موجباً أو سالب الشحنة أو متعادلاً كهربائياً وتبلغ كتلته حوالي 270 مرة قدر كتلة الإلكترون. المترجم.

(5) Spin - وهي خاصية (اللف) المعروفة في ميكانيكا الكم وهي صفة أصلية لنوى الذرات والهادونات والجسيمات الذرية الأولية ويمثل درجة حرية ذاتية مهمة تحملها الجسيمات ذوات (اللف) غير الصفرية. (المترجم)

مبدأ فرانك - كوندون لإعادة التوزيع الإلكتروني

The Frank - Condon Principle of Electronic Redistribution

مبدأ كيميائي - فيزيائي وضعه عام (1925) العالمان:

الفيزيائي الأمريكي - ألماني المولد [جيمس فرانك (1882 - 1964) James Frank]

واختصاصي الفيزياء النظرية الأمريكي

[إدوارد كوندون (1902 - 1974) Edward Condon]

وينص على أن تعديل التوزيع الإلكتروني، في أي نظام جزيئي ينتقل من أي حالة طاقة إلى أخرى يبلغ من السرعة مداها الذي يؤهلنا لاعتبار كافة أنوية الذرات المشاركة في هذا الانتقال وكأنها في حالة سكون خلال تلك العملية. (انظر معجم النظريات للجيفر بوثاملي).

واليك عدة صياغات لهذا المبدأ أسوقها لإدراك كنهه وتقدير أهميته، منها نصه على حفظ كل من عزوم الذرات ومواقعها خلال وبعد أي عملية إعادة للتوزيع إلكتروني حيث يصف المبدأ في نصه هذا حالة الانتقال الإلكتروني لجزيء متفاعل من حالة إلى أخرى كما يحدث في حالة التحلل الضوئي لذلك الجزيء، ضمن نطاق طيف الضوء المرئي. (ولزيادة الإيضاح انظر:

(Airy Functions and Applications to physics, by Oliver Vallee and Manuel Soars).

أما صيغته الأبسط فتوضح بأن عملية انتقال الإلكترونات (خلال التفاعل الكيميائي) من ذرة إلى أخرى ضمن مجموعة الجزيئات المتفاعلة، لا بد وأن يتم بالسرعة التي تجعل الزمن اللازم لذلك من الضئيلة بحيث تبدو كافة الأنوية لتلك الذرات التي تم انتقال إلكتروناتها وكأنها في حالة سكون نسبي أي وكأنها لم تتحرك من أمكنتها خلال عملية التفاعل (وللاستزادة انظر كتاب: م. ك. جوبتا المعنون

(Atomic and Molecular Spectroscopy, by M.C. Gupta).

و خلاصة القول بشأن هذا المبدأ هي أن السرعة النسبية لحركة وانتقال أنوية الذرات بالنسبة لسرعة حركة وانتقال إلكتروناتها تكاد تكون صفرية.



مبدأ إقصاء بولي

Pauli's Exclusion Principle

مبدأ كيميائي - فيزيائي مهم اكتشفه عام (1925) عالم الفيزياء النظرية

الأمريكي الجنسية، النمساوي المولد [ولفكانك بولي (Wolfgang Pauli (1900-1958]

والذي ينص على استحالة إشغال أي زوج من الجسيمات المتماثلة لذات (الحالة الكيميائية) في عين الوقت. وخير مثال على ذلك استحالة إشغال أي زوج من الإلكترونات المتماثلة (في حالة دورانها) لأي مستوى من مستويات الطاقة الإلكترونية حول الذرة في ذات الوقت، ولإدراك ذلك لابد للزوج الإلكتروني من أن يكون (في حالة دوران متعاكس)، وتبرز أهمية هذا المبدأ لدوره الحيوي الذي لابد منه لتفسير العديد من الأسس والمسلمات الخاصة (بنظرية الكم - Quantum Theory) فيما يتعلق بتصريف الجسيمات ما دون الذرية المسماة (بالفرميونات - Fermions) وهو اسم جامع يطلق على إلكترونات وبروتونات ونيوترونات الذرة، ولكنه لا ينطبق على تفسير تصرفات (البوزونات - Bosons) وهو مصطلح يشمل (الفوتونات - Fotons) و (الميزونات - Mesons). (راجع للاستزادة معجم النظريات لجنيفر بوثاملي).

لقد أكد المؤلف (ميشيل ماسيمي - Micheal Massimi) في كتابه الذي صدر بعنوان (مبدأ إقصاء بولي: أصله وأهميته كقانون علمي) حقيقة بلوغ هذا المبدأ مرحلة القانون العلمي النافذ بلا منازع بالنظر لصموده أمام العديد من الاختبارات الفيزيائية والتجارب العلمية التي شملت طيفا واسعا من علوم الفيزياء تراوحت ما بين الدراسات الطيفية والفيزياء الذرية وما بين (نظرية المجال الكيميائي) إلى (فيزياء الطاقات الفائقة)، وعليه يمكن الإقرار، وباطمئنان كامل، بالحقيقة القائلة بأنك نادرا ما ستجد قانونا فيزيائيا واحدا آخر كان أو سيكون له ذات التأثير الشامل والتطبيقات المترامية كالتتي حققها هذا القانون، وما إمكانية تحقيق التوزيع الإلكتروني على مختلف مدارات الذرة لأي عنصر من العناصر المعروفة والمكتشفة والتي تمكننا من وضعه في

مكانه الصحيح في الجدول الدوري، وتفسير سلوكه وشكل طيفه الذري إلا إحدى تطبيقاته.

أوضح (اندرو واتسون - Andrew Watson) في كتابه الموسوم (كيميائية الكوارك⁽¹⁾)

- (Quatum Quark) المنطق الذي ساق (باولي) لوضع قانونه كما يلي:

((لعله من اللافت للنظر أن (باولي) كان قد تقدم بقانونه في أوائل عام (1925)، ومن

الجدير بالذكر أن ذلك كان سابقاً لإقرار نظرية الكم وحتى قبل ظهور مفهوم (اللف)

الذي صار ملازماً لصفة الإلكترون، حينها أيقن (باولي) بضرورة وضع فكرة ما لكي

تتمتع وببساطته تهافت كافة الإلكترونات في مدارات ذرة ما نظرياً إلى أدنى مستوى

للطاقة بإمكانهم النكوص إليه، ودعمها رياضياً... وكان ذلك، ولا شك أبسط تفسير

منطقي أمكن تقديمه لتلافي تكالب الإلكترونات - وغيرها من الفرميونات - وتنافسهم

للحصول على قلب الذرة، أو على نفس الموقع فيه إن صح التعبير!!!).

تبرز أهمية (مبدأ إقصاء باولي) كواحد من أسس الفيزياء الصلبة، كونه فسر ضرورة احترام

مبدأ الحيز الواحد من قبل كافة مكونات الذرة - على صغرها - وضرورة استقلال أي من

مكوناتها بفضائه الخاص به، ولا أخفي رغبتني هنا بأني كنت على وشك أن أضع هذا المبدأ،

وأصنّفه ضمن أمهات القوانين التي سبق إيرادها في متن الكتاب، لولا إخفاق (باولي) في

وضع النموذج الرياضي المقبول والمعادلة الدقيقة له (رغم رغبته في ذلك، كما سبق). بقي أن

نختتم فصلنا الموجز هذا بالتأكيد على عبقرية ووسع أفق (باولي) بوضعه لهذا القانون، رغم

اعتقاده حينها بأنه سوف يفسر عدداً محدوداً فقط من الظواهر الفيزيائية المعروفة آنذاك في

زمن سبق ريعان ربيع (نظرية ميكانيكا الكم) الخالدة والذي رأى نوره وشُد ساعده بفضل

الأعمال الخالدة لفيزيائيين فطحلين أناراً مسرح الفيزياء الخالد لاحقاً وهما (ورنر هيزنبرك -

Werner Heisenberg) و (ارون شرودنكر - Erwin Schrodinger).

(1) Quark - اسم جامع لمجموعة من الجسيمات ما دون الذرية والتي افترض وجودها كازواج (كالمساعد والنازل) ولهما ذات الكتلة وبشحنتين هما $2/3$ و $-1/3$ ويكونان الهاردونات. (المترجم).



قانون توزيع فرمي - ديراك

The Fermi-Dirac Distribution

قانون فيزيائي اكتشفه عام (1926) العالمان:

اختصاصي الفيزياء الذرية الأمريكي الجنسية إيطالي المولد

[انريكو فرمي (1901-1954) Enrico Fermi]

والرياضي الفيزيائي الإنكليزي [بول ديراك (1902-1984) Paul Dirac]

يصف المعدل الرقمي لعدد الفرميونات المتطابقة (مثل الإلكترونات) في حالة طاقة معينة (E) كدالة (لثابت بولتزمان - Boltzmann Constant) ⁽¹⁾ والحرارة (وهي عبارة عن حد يعتمد على درجة الحرارة ودرجة تركيز الفرميونات المدروسة).

كان (فرمي) سباقاً إلى ابتكار العلاقة الرياضية التي تفسر كيفية تصرف الجسيمات الذرية كالإلكترونات مع بعضها البعض من الناحية الفيزيائية وذلك في العشرينيات من القرن العشرين المنصرم، وذلك بصورة مستقلة، هذا على ألا تغيب عن بالنا حقيقة قيام (بول ديراك - Paul Dirac) بفحص واختبار ذات العلاقة بصورة منفصلة من جانبه أيضاً. [انظر كتاب تاريخ العلم والتكنولوجيا لمؤلفه (براين بنج - Bryan Bunch)].

سبق لنا مناقشة العديد من قوانين التوزيع والتي حملت أسماء علماء عدة، وفي ختام هذه العجالة دعني أوضح مجال استخدام كل منها حسب الحالة التي صُمم لمعالجتها؛ فدراسة الانظمة ذوات الأهمية الكيميائية كالتفاعلات الكيميائية في درجة حرارة الغرفة الاعتيادية تعتبر من اختصاص توزيع (بولتزمان)، وفي حال فشله في تقديم التفسير المنطقي المقنع تبرز

(1) ثابت بولتزمان (K أو KB) هو ثابت فيزيائي يتعلق بالطاقة على المستوى الجزيئي وعلاقتها بالحرارة على المستوى الشمولي. ويساوي حاصل قسمة الثابت الغازي (R) على عدد أفوكادرو (NA) هكذا:

$$KB = R/NA$$

ولده نفس وحدات الانثالبية وسمي على اسم الفيزيائي النمساوي (لودفك بولتزمان - Ludwig Boltzman) راجع الجدول على صفحة (446) من هذا الكتاب. (المترجم).

أهمية توزيع (فرمي - ديراك) أو توزيع (بوز - اينشتين) كبدائل يمكن الاستعاضة بهما عنه في حالة تعاملنا في أنظمتنا المدروسة مع الفرميونات (بتطبيق القانون الأول) أو مع البوزونات (بتطبيق القانون الثاني). [وللاستزادة انظر كتاب الديناميكا الحرارية الإحصائية لمؤلفه (م. ك. كويتا - M. C. Gupta)].



قاعدة موسكو ویتز - لومباردي للتوزيع المغناطيسي

The Moskowitz - Lombardi Rule of Magnetic Distribution

قاعدة فيزيائية اكتشفها عام (1973) الفيزيائيان:

الأمريكي [بول أ. موسكو ویتز (ولد عام 1945) Paul A. Moskowitz]

والفرنسي [موريس لومباردي (ولد عام 1942) Maurice Lombardi]

وينص على أن كل نواة ذرة مشحونة حائزة على قابلية (لف - Spin) غير صفيرية لا بد وأن يكون لها - كخلفية - حقل مغناطيسي يمكن التعرف عليه بدلالة حجم عزمه المغناطيسي (M)، على أن يكون هذا التمغنط موزعا على كامل حجم تلك النواة وهو الذي يعلل انحرافها عن التوزيع الطبيعي الذي كان يمكن الحصول عليه لو قارناها بنواة مماثلة (نقطية) مثالية التصرف خالية منه. ويعبر رياضيا عن هذه الصفة بالرمز (E). وبدراسة عشر نظائر مختلفة لعنصر الزئبق تمكن كل من (موسكو ویتز) و(لومباردي) من التوصل إلى علاقة بسيطة بين التوزيع المغناطيسي لأنويتها (E) وبين عزومها المغناطيسية (μ)، وصاغا تلك العلاقة الرياضية على شكل القانون التالي:

$$\varepsilon = \alpha/\mu$$

واضعين (α) كتابت للتناسب، وبتطبيقها تجريبيا وعمليا تأكد العلماء من صحتها في حالات كثيرة شملت نظائر العناصر التالية: الزئبق (Hg) والايридиوم (Ir) والذهب (Au) والثاليوم (Tl) والبلاتين (Pt) والتنكستن (W) والأوزميوم (Os) والباريوم (Ba)، أما أهميتها فتكمن بتمكين علماء الفيزياء الذرية من فهم التركيب المعقد لأنوية مركبة قد تحتوي الواحدة منها على ما ينيف عن (200) بروتون ونيوترون.

امتاز (موسكو ویتز) بكونه مخترعا بارعا التحق بمعامل شركة (آي. بي. إم - IBM) كمستشار في تقنية الاتصالات اللاسلكية وشارك يوما في أحد برامج المسابقات الشعبية التلفزيونية والمسمى (عجلة الحظ)، فابتسم حظه له فنال جائزة نقدية وقدرها 50000 دولار!!.

قوانين الثقوب السوداء لهاوكنج

Hawking's Black-Hole Law

شهدت سبعينيات القرن الماضي (1970s) وضع الفيزيائي الفلكي البريطاني

[ستيفن هاوكنج الذي ولد في عام (1942) Stephen Hawking]

للعديد من القوانين التي ساعدتنا على فهم طبيعة وتصرف الثقوب السوداء في الكون. لم يُدرج اسم هوكنج و (قوانينه) ضمن متن الكتاب، واستعضت عن ذلك بإدراجه في ملحقه، رغم الحقيقة التي لا جدال حولها من أن الكثير الجُم من مبادئ وفرضيات الثقوب السوداء في الكون كانت ولا تزال تُنسب إليه، ولعل السبب الرئيسي في ذلك يعود إلى أن تلك المبادئ وحتى (القوانين) لم ترتق بعد إلى حد تسميتها باسمه (رسمياً) كما هو حال (قوانين نيوتن) في الجاذبية أو (قانون أوم للمقاومة الكهربائية)، كما أنها لا تزال يشار إليها في التراث العلمي على أنها معادلات أو نظريات ولم ترتق بعد إلى مستوى القوانين. رغم كل ذلك فالباحث الحصيف صار يقرأ العديد من البحوث التي آل أصحابها على أنفسهم إلا أن يؤكدوا عند استشهادهم (بمبادئ هاوكنج) ولا يشيروا لها تحديداً إلا بتسميتها (بقوانين هاوكنج) ولا أخالني أضع الرجل في أقل من هذه منزلة. فهو يستحق ذلك عن جدارة!!

وكمحاولة للتعرف على بعضها، إليك النص التالي الذي كتبه هو في دراسة علمية بعنوان (تخليق الجسيمات بواسطة الثقوب السوداء) ونشره في الدورية المرموقة المسماة: (Communications in Mathematical Physics 43(3): 199-200)، 1975، يتناسب مقدار التغير في تبخر ثقب أسود من نوع (شوارز جايلد - Schwarzschild) نسبة للزمن طردياً مع مربع كتلته.

وبالإمكان التعبير عن ذلك رياضياً بالمعادلة التالية: القانون الأول

$$dM/dt = -C/M^2$$

حيث يمثل M - كتلة الثقب الأسود



و C - ثابت

و t - الزمن اللازم لانبعثات الجسيمات من الثقب الأسود والذي يتوزع في طيف مداه الحراري

$$1/8\pi M(t)$$

وإليك نص ثان لقانون آخر يقول بالتناسب العكسي ما بين درجة الحرارة المطلقة (كالفرن)

لأي ثقب أسود مع كتلته، ويكتب القانون على الشكل التالي: (بوحدة بلانك - Plank

Units): (القانون الثاني)

$$T = k / m$$

أما التفسير الفلكي لهذه الظاهرة فتتلخص بظهور درجة حرارة أي ثقب أسود لمشاهد خارجي وكأنها حرارة محددة.

وضح الكاتب (لي سمولن - Lee Smolin) في مؤلفه [سبلك الثلاثة ل- (فهم) الجاذبية الكمومية] بعض الخصائص الغريبة المتعلقة بالثقوب السوداء وكيفية إدراكها وذلك بالشكل التالي:

((في قانون (هاوكينج) الأخير لا بد لنا من الإدراك بأن قيمة الثابت المذكور فيه قد تبلغ حداً متناهياً في الصغر آخذين بالاعتبار وحدتنا الطبيعية للقياس وهذا ما يؤثر على صُلب المعادلة فيمنحها أبعاداً دقيقة ودقيقة جداً قد يصعب تخيلها، فمن الناحية الفلكية يدرك علماء الفيزياء الفلكية ضآلة درجة حرارة الثقوب السوداء والتي قد لا تتعدى الجزء اليسير من الكسر الصغير للدرجة الحرارة المطلقة الواحدة! وهذا الرقم يمثل حداً أصغر بكثير من مقدار الـ 2.7 درجة حرارية مطلقة (كالفرن) والتي أثبت وجودها كخلفية عامة للفضاء الكوني المتراخي الفسيح! ولكن لإدراك وتفسير عظم درجة حرارة الثقب الأسود على ضآلته، لا بد لنا أن ندرك هذه الضآلة، فنقول إن ثقباً أسود يبلغ من الضخامة بحيث يمكن مقارنة كتلته بكتلة جبل إفرست المعروف كأعلى قمة على سطح الأرض لا بد وألا يتجاوز حجمه أبعاد نواة ذرة واحدة!! ولكنه والحالة هذه سوف يشع بمقدار حرارة تضاهي بل وتفوق حرارة كبد الشمس أو مركز أي نجم مشابه لها!!!)).

ولفهم (قانون هاوكينج الثالث) لا بد لنا من أخذ فنجاناً من القهوة والتنزه في حديقة غناء عصرنا والشعور بالاسترخاء داخل مقعد وثير لتمتع بالمقصود بما يسمى (قانونه في المساحة)

الذي وضعه في عام (1971) والذي ينص على استحالة تقلص المساحة (المنظورة) (لأي أفق حدث) مستقبلي لأي ثقب أسود!! [ولكن أنى لأحدنا أن يسترخي داخل مقعد وفي رأسه مصطلح كمصطلح (أفق الحدث)؟!].

دعني أبسط الموضوع على مراحل وكما يلي أملاً في إمطة الغشاوة وإزالة الإبهام عن المصطلح السابق والذي سيؤهلنا لفهم (مبدأ المساحة) الذي أهده (هاوكنج) لنا في هذا الفصل. لم يكذب حير (نظرية اينشتاين العامة في الجاذبية) والتي كان قد نشرها عام (1915) أن يجب حتى طلع علينا الفلكي الألماني (كارل شوارتزشايلد - Karl Schwarzschild) وبعد أقل من عدة أسابيع بحساباته الدقيقة التي شرح فيها مفهومه الجديد والذي حمل اسمه فيما بعد وعن جدارة (كنصف قطر شوارتزشايلد). فما هو هذا (النصف قطر)؟!

يُعرف ويصف (نصف قطر شوارتزشايلد) الكرة التي تحيط بـ... أو حدود الأفق الذي يلف كتلة معينة. وبناء على ذلك واستناداً إلى نظرية الثقوب السوداء الكلاسيكية، فإن مقدار الجاذبية التي يسلطها أي ثقب أسود، وفي حدود (كرة شوارتزشايلد) ستبلغ من الشدة حداً يمكنها معها من اقتناص وسحب أي كتلة أو مادة أو حتى أي شعاع ضوء يمر بمداهها داخلها وإلى الأبد. بعبارة أخرى... فإن ما يقترب من حدودها (كائن ما يكون) سيختفي عن الأنظار تماماً ويُفقد نهائياً!! وكمقاربة بسيطة لفهم مدى تأثير (نصف قطر شوارتزشايلد) نسبه لكتلة جسم ما: دعنا نقول إنه لا يتعدى بضعة كيلومترات بالنسبة لشمسنا⁽¹⁾ التي تنتمي كرتنا الأرضية لمجموعتها. أما لكتلة تساوي كتلة أرضنا التي نعيش عليها فلن يتجاوز تأثير (نصف قطر شوارتزشايلد) حجم الجوزة! بمعنى إذا تصورنا أن يكون لثقب أسود (مدى أفق) تأثير لا يتعدى حجم الجوزة، فعليه أن يحتفظ بكتلة تساوي كتلة أرضنا⁽²⁾.

(1) معلومات توضيحية عن أبعاد الشمس: يبلغ نصف قطرها 95500 كيلومتر وتعد أرضنا عنها بمسافة نصف قطر تبلغ 150 مليون كيلومتر وتبلغ كتلتها حوالي اثنين بليون كيلوغرام $[1.98892 \times 10^30]$ مرفوعة إلى القوة [30] أي حوالي 332950 مرة بقدر كتلة الأرض. وتبين لنا هذه الأبعاد والأرقام (ضائلة) مقدار الكيلومترات المعدودة لما وصف بـ (نصف قطر شوارتزشايلد) الخاص بها. (الترجم).

(2) ومقدارها $[5.9742 \times 10^24]$ مرفوعة إلى الأس [24] كيلوغراماً - (الترجم).



وهناك العديد من النتائج التي توصل إليها (هاوكنج) استنادا إلى (قانونه في المساحة) آنف الذكر والذي ينص على [استحالة تقلص أي (أفق حدث) لأي ثقب أسود]، منها على سبيل المثال تمكنه من إثبات أن المساحة السطحية الناتجة من اتحاد ثقبين أسودين لا بد وأن تكون أكبر من حاصل جمع المساحة السطحية لكليهما قبل الاتحاد. واستنتج بناء على ذلك أن شطر الكون الحاوي على الثقوب السوداء (إذا ما جمعت في - مكان - واحد) لا بد وأن يكون دائما بازدياد واتساع.

يعتمد نظريو الفيزياء الفلكية على هذا القانون لسبر أغوار وفهم تصرفات الثقوب السوداء في الكون اعتمادا على المضمون الموسع له، وهذا يعني افتقاره لعمومية التطبيق على كافة المجالات الفيزيائية، فمن المعلوم أنه ينهار انهيارا كليا ولن تصدق نتائجه إذا ما أخذت التأثيرات الكيميائية (وهي التأثيرات التي تبين وتظهر عند التعامل مع الأبعاد الذرية المنتهية في الصغر) بعين الاعتبار وخير مثال نظري يساق في هذا المجال هو تصور وضع وهيئة ثقب أسود خيالي وهو في حالة تبخر وهنا لا بد من الاستدراك لتأكيد عدم انضواء كافة تصورات الثقوب السوداء ضمن المفهوم الخيالي الذي يجافي المنطق، فمن المعلوم أن ما جاء به بعض فطاحل الفيزياء وأعلامهم من أمثال (براندون كارتر - Brandon Carter) و (ستيفن هاوكنج - Stephen Hawking) و (جيمس باردين - James Bardeen) من مبادئ وقوانين تخص ميكانيك وتصرف ثقبونا السوداء كمثل (نظرية - أو قانون - المساحة) آنف الذكر لاقت ما يماثلها ويؤيدها من القوانين التي سبق وضعها والركون إلى صحتها في ميادين فيزيائية أخرى كميدان الميكانيكا الحرارية.

لا ينبغي لنا في كتاب توضيحي كالذي بين يديك يضم سفرا مختصرا عن العلماء والعباقرة أن نخوض بالعمق الرياضي للمفاهيم الكيميائية والقوانين الخاصة بالثقوب السوداء ولا بأبعادها الفلسفية... ولكن لنا أن ندعم وجهة نظرنا هذه بما أوضحه (قانون هاوكنج) الأخير في هذا المجال، وذلك بالإشارة إلى أن هناك العديد من المصادر التي تدعم قوانينه الأخرى الخاصة بميكانيكا الثقوب السوداء وكذلك الذي يحكم (مفهوم الجاذبية السطحية في أفق الحدث). وهذا

هو (قانونه الرابع). (وللإحاطة بذلك وللإستزادة من هذا الموضوع انظر المصدرين التاليين):

1. Current Trends in Relativistic Astrophysics, Theoretical, Numerical, Observational, by Leonardo Formandez – Jambrina and Luis Gonzalez – Romero.
2. The Four Laws of Black Hole Mechanics, by J.M. Bardeen, B. Carter, and S.W. Hawking, in Communications in Mathematical Physics, 31:161–170, 1973.

لك أن تبتسم قليلا وتتنفس الصعداء (وتستعد لارتشاف كوب آخر من القهوة) قبل نهاية النقاش المضني حول قوانين (هاوكنج) الأربع السابقات وأن نختمه لك بقانونه الخامس الأكثر خفة ولطافة (والذي توصل إلى وضعه آخذاً بنصيحة قيمة لمحرر كتابه – موجز تاريخ الزمن) والذي ينص على ضرورة تجنب أو على الأقل تقنين ذكر المعادلات الرياضية في أي كتاب، وذلك لأن كل معادلة فيه من شأنها أن تختزل عدد قرائه إلى النصف! ولكن (هاوكنج) الذي لم يرغب عن شخصيته المرح ولا عن ذهنه سرعة البديهة كان قد صرح بالنص الحقيقي لقانونه الأخير هذا بقوله: إن القانون كان قد نبع من نصيحة اخوية مخلصه أسداها إليه أحد ناشري كتبه وملخصها هو: أن كل معادلة رياضية في كتاب من شأنها أن تخفض مبيعاته إلى النصف (ولك أن تتصور هنا مقدار تقلص أرباح الكاتب من كتاب مدجج بها، هذا إن وجد من ينشره له أصلاً!) ولكنه صرح ختاماً بأنه لم يجد مناصاً من ضم المعادلة (الضرورة) التي لا بد منها إلى كتابه ذلك ألا وهي معادلة اينشتاين الشهيرة التالية:

$$E = m c^2$$

وصلى ابتهاً ألا يخيف منظرها نصف قراء كتابه المفترضين.

استمر هاوكنج بولعه (بثقوبه السوداء) وتصميم المعادلات (اللائقة) لها حتى أنه قد بين في عام (1974) أنها لا بد وأن تتمكن من التوهج حرارياً وإطلاق الجسيمات ما دون الذرية وهي الظاهرة التي عُرفت (بإشعاع هاوكنج)، كما استمر بإنجازاته التي أهلتها في العام ذاته لأن يترشح ويُنتخب كواحد من أصغر أعضاء المجمع العلمي الملكي البريطاني سناً.

يشغل (هاوكنج) منصب الأستاذ في الرياضيات في جامعة كامبردج الشهيرة في الوقت



الحاضر ويحتل كرسي الأستاذية الشهير باسم (الأستاذ لوكاس)⁽¹⁾ والذي سبق (لنيوتن) أن شغله من قبل.

أصيب عالمنا العبقري بمرض عصبي عضال⁽²⁾ شله تماماً وجعله مقعداً على كرسي متحرك لا يتمكن من الحركة ولا التواصل مع محيطه إلا عن طريق حاسوب يدار بنظام التحكم بالأشعة تحت الحمراء المتصل بنظارتة والخاضع لحركة أجفانه، أما أعراض هذا المرض فقد ظهرت عليه وهو ما يزال طالباً في كمبريدج وتم إقرار تشخيصه النهائي ولما يتجاوز الحادية والعشرين من عمره، أي بفترة وجيزة سبقت إعلان زواجه الأول.

تمكن عالمنا الجليل رغم كل ذلك بالتعاون مع الرياضي الفيزيائي الإنكليزي [السر روجر بنروز - Sir Roger Penrose] والمولود في عام 1931 من بيان ضرورة شمول (نظرية أينشتاين للنسبية العامة) على مبدأ مهم مفاده إمكانية إدراك بداية المكان والزمان وإرجاع أصل ولادتهما إلى (لحظة) الانفجار العظيم⁽³⁾ الأمر الذي ينتج عنه توقع نهايتهما في الثقوب السوداء، والتي لا بد لها استناداً إلى النتائج المعمقة للبحث السابق - أن تمتاز بقابليتها على الإشعاع المستمر دون انقطاع حتى تتبخر وتختفي!! كما بين - وبالا اعتماد على فرضياته وتناجها السابقة - أن لا حدود للكون حتى ولا في الزمن الافتراضي الأمر الذي يفضي إلى استنتاج مفاده أن ميلاد الكون - كان لا بد وأن يكون - قد تم وفقاً للقوانين العلمية.

(1) Lucasian Professor of Mathematics: كرسي الرياضيات المرموق بجامعة كمبريدج البريطانية والذي أوجده عام (1663) الرياضي (Henry Lucas) عضو البرلمان البريطاني للفترة (1640-1639) بموافقة الملك شارل الثاني، نزع لوكاس بمكتبته الحاوية على (4000) كتاب كما أوصى أن تباع أرض له وينفق ريعها لدعم هذا المنصب. (المترجم).

(2) وهو المرض المعروف باسم (داء لوكهريج - Lou Gehrig) وهو اسم لاعب البيسبول الأمريكي الشهير الذي أصيب بالمرض عام (1939) وتوفي في عام (1941) ويعرف طيباً اليوم باسم (Amyotrophic Lateral Sclerosis - ALS) وهو مرض نكوصي عصبي يمتد سببه الضمور المتسارع للعصونات الحركية في الجهاز العصبي المركزي المسؤولة عن الحركة الإرادية. (المترجم).

(3) The Big Bang Theory - وهي النظرية أو النموذج المقبول اليوم لولادة الكون والذي يتضمن الحبيبات الأولية والتطورات اللاحقة له والتي تدعمها أدق التفسيرات والنظريات وأكثرها قبولاً ودعمًا من قبل الظواهر والملاحظات والبراهين العلمية السائدة حالياً. وهناك تخوير لهذا المفهوم برز إلى ساحة علوم الفيزياء الفلكية وزاد عدد مناصريه وهو ما يعرف بنظرية (The Big Bounce Theory) ويتلخص بتوسيع المفهوم السابق لنشوء الكون من (انفجار هائل ونوسج) إلى (انفجار هائل ونوسج يعقبه انكماش هائل ومعاودة كرة الانفجار ثانية... وهكذا). (المترجم).

لقد خصص (هاوكنج) الحجم الكثير من وقته لفحص وتمحيص القوانين العلمية التي بين أيدينا وثبت العديد من آرائه العلمية والفلسفية بشأنها في العديد من الكتب والمقالات التي أتخفنا بها، ولا يسعني هنا إلا أن أختتم بمسك أفكاره هذا الفصل الأخير من الكتاب، فأليك نافلة من بنات أفكاره أوردتها حسب مصادرها كالتالي:

((كتب هاوكنج في كتابه المنشور في عام (1993)، وقد نشر بعنوان (الثقوب السوداء والأكوان الفتية) ما يلي: لاشك لدى بوجود مجموعة معلومة محددة من القوانين التي تحكم الكون وكل ما فيه وتفسر تطوره مع الزمن، أولئك هن أمهات القوانين، ورغم يقيني بأننا لم نتمكن - ولحد الآن - من إدراك أشكال وهيئات ولا الإحاطة بكافة تلك القوانين، إلا أننا - وبلاشك - نعرف منها الكثير بل ونعرف ما فيه الكفاية لتحديد، ولفهم ما يحدث في كافة الأحوال وتحت جميع الظروف ما خلا النهايات القصوى والحالات النهائية. وإذا ما تساءلنا فيما لو إذا كانت ستتاح لنا فرصة إدراك واكتشاف ما تبقى من تلك القوانين في المستقبل القريب، فذلك ولاشك سيخضع للمتبين من وجهات النظر، أما أنا فمتفائل جدا، ومتفائل إلى الحد الذي بإمكانني معه وضع نسبة الخمسين بالمئة كاحتمال لافتراض نجاحنا في إماطة اللثام عنها جميعا في مدى لا يتجاوز العشرين سنة القادمة)).

ويضيف قائلا:

((بأنه حتى لو لم نتمكن من اكتشاف كافة قوانين الكون، فلا بد من إدراكنا لمجموعة منها كافية لنا لتحلل ونذكر بداياته. ومن المدهش بل من الواجب علينا ملاحظته هو أن هذه القوانين التي تتماشى مع تصرف الجلل الأعظم من ظواهر العالم، والتي تمكنا من التنبؤ بنتائج تلك الظواهر وإلى مدى مقبول جدا من المصدقية، لا يظهر أنها تميل إلى التغيير أو الشذوذ عما عودتنا عليه)).

يستمر (هاوكنج) بشدنا إلى وجهات نظره الفلسفية والمستندة إلى القواعد العلمية الراسخة وإليك ما كتبه حول قوانين الكون في مقالته الموسومة (حالة الكون الكيميمية) والمنشورة في دورية الفيزياء النووية عام (1984):



((يدّعي الكثير من الناس ويعتقد بنهاية حدود الكون وهذا يعني بالمفهوم العلمي - فشل أو توقف قوانين العلم المكتشفه من قبلنا على التأثير أو التنبؤ بمجريات الأحداث التي تقع ما وراء تلك الحدود، وقد يظن بعض الناس أنها غير قابلة للإدراك العلمي أو يسميها بحدود الماوراء الطبيعة، كما أن بعضهم يعتقد أن للكون أو للوجود قابلية إيجاد نفسه (مرة أخرى) بأي طريقة يشاء، قد يكون هذا صحيحا، وقد ينبجر عن ذلك قابليته (بنفسه) أن يعيد تشكيل نفسه بصورة قصوى من العشية والفوضى.

ولكنني أعود هنا لأستدرك بقوة بأن كل ما في عالمنا الكبير هذا، ولا سيما الجزء المترامي منه - كالمجرات والنجوم - والصغير المتناهي في الصغر - كالجسيمات ما دون الذرية وما شاكلها - إلا وينقاد - بامتياز - إلى النظام والتنظيم بأروع صوره، فلم يسجل لا الإنسان الذي يحاول إدراك الكون ولا الكون ذاته أي بادرة انحلال أو عبثية أو أدنى ميل للعشوائية في التصرف والظهور العبثي وهذا ما يؤكد بناء عالمنا على النظام والنظام بأكمل صوره. ومن هنا أستطيع الاستنتاج بأن قوانين الكون يمكن أن تطبق على مشارفه مهما بعدت، أما ما يفوق ذلك فليس لي أدنى تصور عن حاله كيف يكون)).

كتب (هاو كنج) العديد من المقالات، إليك مقتطف من أحدها والذي نشرته مجلة (دير شبيغل - Der Spiegel) الألمانية بتاريخ السابع عشر من تشرين أول من عام (1988) وقد جاء فيه:

((حاولت جهدي - وأخالي حققت بعض النجاح - في تصوير وبلورة الأفكار وصياغة القوانين التي تمكننا من افتراض إمكانية قوانيننا العلمية وقابليتها على تفسير بداية نشأة الكون. لا أدعي أن في ذلك نهاية لأفق التفكير البشري، كما لا أدعي استحالة وجود أو تطوير منظور آخر (أو أكثر) أحدث مما توصلت إليه في المستقبل، ولكنني على يقين بأن ما توصلت إليه هو (أضمن) و (أدق) نموذج يمكن الاعتماد إليه وفق ما هو متوفر من معلومات علمية وفيزيائية وفلكية بين أيدينا ولحد اليوم)).

وفي ذلك تواضع جم وبساطة في التعبير رغم شمولية هذه الجملة القصيرة. ولعل خير ما أختتم به هذا الفصل الذي تناول المكتشفين والمتنافسين العظام هو بإيراد المقطع

التالي المقتطف من كتاب (هاوكنج) ذائع الصيت (مختصر تاريخ الزمن) والذي يقول فيه:

((إن النظرة الفلسفية والمنطقية المعمقة لكافة النظريات والفيزيائية منها على وجه الخصوص يحتم كونها توقعات افتراضية في أحسن الاحتمالات، فنحن لا ندرك المستقبل ولا ينبغي لنا ذلك، فلن يمكننا مهما أوتينا من راحة الحُدس وحدة التفكير وقوة التجريب أن نجزم وبصورة قاطعة أن المرة القادمة لا بد وأن تأتي إلينا بعين النتائج وذات التوقعات لتجربة ما حتى ولو جاءت تلك النتائج مطابقة إلى حد الكمال مع توقعات تلك النظرية ولما لا نهاية له من المرات السابقة. فببساطة لا علم يقين لنا بالمستقبل! ولكننا في المقابل لا نحتاج لنقض أي نظرية أو قانون مهما أوتي من مصداقية وقوة سوى تسجيل زيغ واحد أو خطأ وحيد في تنبؤاته. لقد أكد فيلسوف العلوم العتيد (كارل بوبر - Karl Popper) على خاصية فريدة وصفة أصيلة توسم وتوشح كافة النظريات المرموقة بلا استثناء ألا وهي قابليتها على وضع السيناريو المسبق للعديد من التنبؤات والفرضيات التي يمكن تأكيدها وإثباتها عن طريق الملاحظة والتجربة، كما ويمكن نسفها أيضاً ومن خلال ذات تلك التنبؤات وعين تلك الفرضيات إن هي أخفقت في الانصياع إليها ولو لمرة واحدة فقط)).

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Gladstone, John, "Points of Supposed Collision Between the Scriptures and Natural Science" in *Faith and Free Thought* (London: Hodder and Stoughton, 1880).

Benedict, Robert Philip, *Fundamentals of Temperature, Pressure, and Flow Measurements* (Hoboken, N.J.: Wiley, 1984).

Klein, Morris, *Mathematics and the Physical World* (New York: Thomas Y. Crowell, 1959).

Tait, Peter Guthrie, *Scientific Papers*, Volume 2 (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1900)

الباب الرابع

الفصل الأول

مسك الختام



مسك الختام:

القول الفصل في جمال الرياضيات ورشاقتها وفضلها على سائر العلوم

- يا لروعة الرياضيات ... ويا لرشاقة معادلاتها!! ألا ترى فيها إبداع المحاولة ونشوة المغامرة للإحاطة بأسرار وخفايا الكون الأبدي الوجود بالأسلوب المتواضع والرموز البدائية القاصرة المحدودة التي هي كل ما في متناول الفرد الفاني؟ اني أحس بها ... بل وأراها كقصائد الشعر، تصنع من النجوم شبكا لاقتناص النور و(تديم الفجر خمرافي كؤوس من أثير)⁽¹⁾.

كيونن

Michael Guillen, (Five Equations That Changed the World).

مقتطف من كتابه (خمس معادلات غيرن العالم).

- قبل الخليفة ... كان الله عز وجل الموجد الأحد - سبحانه - والذي ليس قبله شيء ولا بعده ... ، ثم شاءت إرادته - تعالى أن يكون الكون فكان، وأنا قد أوافق التفكير الرياضي الذي يقول بوجود الرياضيات (الصرقة) قبل وجود الكون والبشر و(التطبيقية) بعد بداية إدراكنا لهما.

ليتل وود

John Edensor Little wood, (A Mathematician's Miscellany, 1953).

مقتطف من كتابه (منوعات رياضي). جمال الرياضيات ورشاقتها ،

- لعل خير ما نعبر به عن روعة معادلة رياضية علمية ما ... هي بوصفها بما يؤهلنا لاعتبارها قانونا طبيعياً.

فرميلو

Graham Farmelo's, (It Must Be Beautiful).

من كتابه (إنها لثاقنة، لابد من ذلك).

(1) عن فيروز (بتصرف من المترجم).

إن لأمّهات القوانين التي سبق سر أغوارها في هذا السفر أهمية عظيمة لكونهن القمم السامقات الدالات على تقدم البشرية، شأنها شأن سفينة الفضاء (أبولو) والتي مثلت شاخصاً حياً خالداً على تاريخ تطلع الإنسان إلى النجوم ومحاولاته لرؤية ولاكتشاف الكواكب والأجرام التي ملأت سماء أرضه وروضة خياله. لقد كانت بحق خطوة مهمة على درب بحث الإنسان السرمدى عن كنه السماء وأغازها وتفكيره بخلقها.

لا أشك أن مضمون تلك القوانين كان فاعلاً قبل اكتشافنا لها، كما لا أشك أنها ستظل معنا ما دمنا أحياء نُرزق، نرقل بنعمة التفكير بخلق الله سبحانه، ولكني على يقين تام أيضاً، بأن تفسيرنا لها وتفهمنا لماهيتها لابد وأن يسمو ويتطور. مرور الزمن وازدياد نضج الذهن البشري في إدراك ما حوله. ولي أن أسوق مثلاً، وهو (قانون فورييه - Fourier's) للتوصيل الحراري؛ ففي دراسة هذا القانون، وفي مناقشته نجد أن (فورييه) كان قد وضعه وطور نظريته بمفهوم (النظرية الحرارية) سالكا طريقاً خاطئاً بالاعتماد على التفسير القائل بتغير الحرارة وانتقالها بفعل تغير وانتقال (السائل الحراري) وهو سائل عديم الوزن والشكل ولا يمكن رؤيته! ولكن رغم ذلك فإن قانون (فورييه) يعتبر صحيحاً من الناحية العملية ومطابقاً لكافة التجارب المخبرية حتى لو كان تصوره عن طبيعة الحرارة مغلوطاً!

ويصدق المفهوم السابق كذلك على مجموعة من أهم المعادلات المعروفة باسم (محاولات ماكسويل)، والتي سبق شرحها تحت عنوان (قانونا فراداي للحث المغناطيسي والتحليل الكهربائي)⁽¹⁾. لقد فسر ماكسويل نظرياته وقوانينه بالاستناد إلى المفهوم القائل بانتشار الموجات في الوسط اللطيف المحيط بكل شيء، والذي سُمي (بالأثير)! أما فيزيائيو اليوم فلا يذهبون إلى ما ذهب إليه (ماكسويل) آنذاك. يدل هذا المثال وبوضوح شديد على إمكانية قانون ما على تفسير عمل وتصرف جانب من أحداث ومشاهد الكون ولكنه قد لا يتمكن أبداً من تفسير كنهه ولا لماذا لا بد له أن يعمل بطريقته تلك!

(1) راجع صفحة (553) من هذه الترجمة.



هذا بشأن مصداقية تطبيق القوانين واستخداماتها العملية، ولكن ما مضمون القوانين وم يتألف (جهازها العصبي)؟! إنها الأرقام ولا شيء غير الأرقام و/أو الرموز التي يمكن ترجمتها إلى أرقام، وبالحقيقة لا بد لكل ذي لب من الإدراك بأهمية الأرقام و(ظاهر) سيطرتها على الكون. فللأرقام قابلية التفسير بل وحتى التنبؤ بمختلف الظواهر والأحداث ابتداءً بهندسة ترتيب الزهيرات على تويج الأوراد المركبة، مروراً بتكاثرات الأرباب وصعوداً إلى مدارات الكواكب...، ومن طريقة تذوق الأذن لروائع السمفونيات الموسيقية حتى أسلوب توزيع العناصر على رقعة جدولها الدوري... لقد كان للرياضيات ونظرياتها سبق التنبؤ بالكثير من الظواهر التي لم نتمكن من إثبات صحتها إلا بعد مرور العديد من السنين، فلقد تنبأت معادلات (ماكسويل) بوجود الموجات الراديوية، كما تنبأت معادلات (المجال) لاينشتين بقابلية نجم كبير أو كوكب ضخيم على جذب (الضوء) إليه وانحنائه، كما تنبأت بأن كوننا يتمدد!!

ولعل خير من جمع هذا المفهوم وبلوره بصيغته الواضحة الجلية هو الرياضي الروسي [نيكولاي لوباكوفسكي (1792-1856) Nikolai Lobachevsky] بقوله بعدم إمكانية وجود أي فرع من فروع الرياضيات ومهما أوغل في التجريد إلا وسيكون بالإمكان تطبيقه يوماً ما وبطريقة ما على أحد الأحداث في عالمنا الحقيقي. (منقوله من كتاب 777- معادلة رياضية للمناقشة) لمؤلفه (جون دي فيلي - John de Pillis).

لقد ألمح الفيزيائي البريطاني [بول ديراك (1902-1984) Paul Dirac] ذات مرة بأن كل ما ندرسه ونبنتده من الرياضيات الصرفة المجردة لا بد وأن يُنسى (في المستقبل) زاوية من خبايا الفيزياء. وبالفعل فقد تمكنت معادلاته التي وضعها في عام (1928) لتفسير حركة الإلكترونات من التنبؤ بوجود (المادة المضادة) والتي ما لبثت أن اكتشفت فيما بعد. بدأت قصة ذلك الاكتشاف بالاستنتاج الضمني - والمبني على أعمال (ديراك) بأن لا بد للإلكترون (سالب الشحنة) من توأم مماثل له تماماً بالكتلة والأبعاد وكافة الصفات الأخرى عدا الشحنة والتي لا بد أن تكون مساوية لشحنة الإلكترون ولكنها (موجبة)، وهذا ما اقترح على تسميته (بالمادة المضادة) للإلكترون. وُضع هذا السيناريو المقترح من قبل نظرية (ديراك) بالحسبان عند

القيام بكل تجربة مختبرية لها علاقة بالإلكترون ومواصفاته... حتى تم في عام (1932)، وعلى يد الفيزيائي الأمريكي [كارل اندرسن (1905-1991) Carl Anderson] وخلال تجاربه العملية من ملاحظة جسيم مادون ذري يطابق في مواصفاته صفات التوأم المتوقع للإلكترون وبالشحنة الموجبة فسمي (البوزترون). وما لبث أن اكتُشف الجسيم المضاد للبروتون في عام (1955) إثر التمكن من تحضيره مخبرياً في معجلات جامعة كاليفورنيا في بركلي والمسمى (بركلي بيتاترون - Barkeley Betatron) واستمرت الاكتشافات في مجال الجسيمات ما دون الذرية بعد تمكن الفيزيائيين في [المجمع الأوروبي للأبحاث الذرية (CERN) The European Organization for Nuclear Research] عام (1995) والذي يعتبر أكبر المختبرات المختصة في الأبحاث الذرية في العالم من تحضير أول ذرة مضادة لذرة الهيدروجين.

ولعل من أظرف وأعجب المصادفات التي تنضوي تحت لواء الحدس العلمي الخارق وإمكانية الرياضيات على التنبؤ وخصيتها في إثبات التناظر هو الحادث الشهير الذي كان بطله الفيزيائي الأمريكي (ميوري غل - مان - Murrey Gell - Mann) وزملاؤه حينما توقع فريق عملهم بل وتنبأ بضرورة وجود جسيم ما دون ذري سمي بـ (أوميغا السالبة - Omega - minus)⁽¹⁾. سارت القصة بانسياب مسرحي بعدما رسم (غل - مان)⁽²⁾ مخططاً تناظرياً بمواصفات هندسية احتل كل فراغ فيه من قبل جسيم معلوم فتم المخطط باستثناء موقع واحد فيه، وهنا برز (غل - مان) مشيراً إلى ذلك الموقع... ثم تقدم بتوادة

(1) Omega - minus: هو أول جسيم مكون من ثلاث (كواركات غريبة) اكتشف عام 1964 ضمن هذه المجموعة ونسبى (باريونات أوميغا) والتي تحتوي على الكواركات من نوع (لا أعلى - ولا أسفل) وبقيمة دوران متجانس $0 = 1$. والباريونات عبارة عن عائلة مركبة من الجسيمات المتكونة من ثلاث كواركات لكل منها. و (أوميغا الموجهة) هو عنوان إحدى مسلسلات الخيال العلمي الفضائي المعروف ستار ترك (رقم 21 من الموسم الرابع والمنشورة في موقعهم بتاريخ 2008/8/21 (الترجم) عن ويكيميديا.

(2) Murry Gell - Mann: فيزيائي أمريكي ولد في 15 سبتمبر 1929 واستلم جائزة نوبل للفيزياء لعام (1969) لأعماله المتميزة في حفل الجسيمات الذرية الأولية. ومن أهم إنجازاته العلمية إيجاده لنموذج الكواركات (The Quark Model)، وكان أول من ابتكر تعابير غريبة لوصف نموذج مثل (نكهة التناظر - Flavor Symetry) و(الغرة - Strangeness) - (الترجم).



(ولكن بحزم) إلى نموذج المخطط ثم ما لبث أن وضع أصبعه على ذلك المكان وكأنه كان منقادا لطاقة إلهام داخلية تقمصته في تلك اللحظة... وهتف قائلا (لابد وأن نجد الجسيم المفقود من هذا المكان!!). ولقد صدق ظنه وأصاب حدسه، فما لبث فيزيائيو الجسيمات ما دون الذرية ومن خلال تجاربهم وأبحاثهم أن اكتشفوا حقيقة وجود مثل ذلك الجسيم والذي وجد بمواصفات مطابقة تماما لما افترض أن يكون عليه جسيم (غل - مان) ليحتل مكانه الشاغر في جدول الهندسي صاحب التناظر الرياضي آنف الذكر!.

أعلام المعادلات في تاريخ العلوم

— لعل خير من نضم درر العلوم شعرا في تاريخه، وأقام له عماد خيمته... هن معادلاته ذاتهن، فبإمكانك السفر خلال تطبيقاتهن الكونية في عوالم غريبة والتجوال معهن في رحاب المعرفة، كما وبإمكانك أن تقلب بهن صحائف التاريخ وتسبر معهن غور سطورهن... عندها سيُتحفّنك بجمال وسلاسة التفسير، ويهزّئك بروعة ودقة النتائج وجمال التعبير... ولكنهن لن يُفصحن لك أبداً عن كنهن. وكما يمكنك تصور الطبيعة والحب والجمال بلا شاعر يصفهن (فوجودهن لا يستوجب وجود شاعر!)... كذلك يمكنك تصور الحقائق والأجرام والكواكب بلا معادلات تحكمهن (فدوامهن لا يستوجب خط معادلة)... ولكن ما يستدعي الدهشة ويدعو إلى الإعجاب حقاً، هي حقيقة وجود الشعر لوصف الجمال وكتابة المعادلات لتفسير الأكوان.

فرميلو

Graham Farmelo. (It Must Be Beautiful).

مقتطف من كتابه (إنها لفاقتة، لا بد من ذلك!).

لقد جاء ذكر العديد من المعادلات الرائعة ضمن متن هذا الكتاب من أمثال (المعادلة الموجية لشرودنجر) و (معادلات مكسويل) وغيرهما، وقد يتساءل المرء عن أسباب عدم اعتبارهما (قانونين) وعن عدم تصدرهما مدخلات الكتاب الرئيسية ضمن فصوله الأولى... وهنا يأتي الجواب السهل السريع المباشر لتساؤلنا عن كيفية اعتبار وتسمية (القوانين) وتمييزها عن (المعادلات) نابغاً من التعاقب التاريخي للأحداث... وإليك الدليل:

لقد سبق أن بين الكتاب وفي مدخل (قانونا فراداي)⁽¹⁾؛ أن الفيزيائي السكوتلاندي الشهير [جيمس كلارك ماكسويل (1831-1879) James Clark Maxwell] كان قد نشر نظريته المسماة (النظرية الحركية في مفهوم الحقول الكهرومغناطيسية)، والتي كان قد أعاد فيها الصياغة اللغوية (لقانون فراداي) وترجم بذلك منقطع النظر فكرته إلى لغة الرياضيات الحديثة ووضعها في مجموعة

(1) راجع مدخل قانوني (فراداي) على صفحة (553)، (المترجم).



من المعادلات. أما سبب عدم اعتبار تلك المجموعة من المعادلات قوانين منفصلة فيعود إلى واقع احتوائهن على حقائق مستقاة من قوانين سبق اكتشافها تاريخياً من قبل (كولوم) و(كاوس) و(امبير) و(فراي)، ولذلك فلم يمكن اعتبار (معادلات مكسويل) إلا ترجمة رياضية لما سبق اكتشافه. علق (ستيفن وينبرك - Steven Weinberg) في كتابه (خدع سوكال)⁽¹⁾ على معادلات (مكسويل) بقوله:

((لم يكتب (مكسويل) المعادلات الخاصة بالكهربائية والمغناطيسية اللاتي يُعرفن إلى اليوم باسمه. ولكن الحقيقة أن ما سمي كذلك كان عبارة عن حصيلة الجهد المتراكم، وعبر عقود طويلة، لثلة من عظماء الفيزيائيين الذين نخص بالذكر منهم؛ العالم الإنكليزي (اوليفر هيفيسايد - Oliver Heaviside) علماً أن تلك المعادلات لم تكن تمثل إلا تقريباً علمياً لواقع حال الحقول المغناطيسية والكهربائية الضعيفة والبطيئة الحركة فقط... ولكن رغم ذلك نرى أنهم (أقصد معادلات مكسويل) كن قد قاوم البقاء وأثبتت صلاحيتهن طوال القرن الماضي، ولا ينبغي لأحد أن يشك بأنهن سوف لا يبقين قدرات على المضي عاملات فاعلات وإلى ما لا نهاية...)).

يستثنى العلماء والباحثون العديد من الموضوعات الخاصة بميكانيكا الكم - غالباً - من التمتع بإضفاء صفة القوانين عليهن رما بسبب عمق المنطق الرياضي الذي يستندن إليه أو بالنظر لتداخلهن الواحدة بالأخرى، ويصدق ذلك على المعادلة الموجية لبروكلي (Broglie)⁽²⁾ وعلى المعادلة الموجية لشرودينجر (Schrodinger)⁽³⁾، وعلى معادلتني

(1) Sokal - اسم مدينة أوكرانية تقع على ضفاف نهر (البو - Buh) في منطقة (ليفيف او بلاست - Lviv - Oblast) الواقعة في الجهة الغربية من القطر. (المترجم).

(2) Louis de Broglie - فيزيائي فرنسي حاز على جائزة نوبل وصاحب رسالة الدكتوراه بعنوان: (أبحاث في نظرية الكم). جلس على الكرسي رقم (1) في الأكاديمية الفرنسية للعلوم عام 1944. وتسمى نظريته بـ (نظرية بروكلي ويوم - Brglie - Bohm Theory) أو بـ (نظرية الموجة الطائفة - Pilot - Wave Theory) أو (بالميكانيكا الوهمية - Bohmian Mechanics) أو بـ (الاستنتاج المبني - Causal Interpretation) وهي عبارة عن تأويل وتفسير (لنظرية الكم - Quantum Theory) وتحتوي على دالة موجية. (المترجم).

(3) هي ميكانيكا الكم - تفسر (معادلة شرودينجر) أسلوب تغير الحالة الكيميائية لنظام فيزيائي نسبة إلى الزمن. ونشاهد في أهميتها بالنسبة إلى (ميكانيكا الكم) أهمية (قوانين نيوتن) بالنسبة (للميكانيكا الكلاسيكية). (المترجم).

ديراك (Dirac)⁽¹⁾ وكلين - كوردن (Klein - Gordon)⁽²⁾.

لاحظ كذلك عدم تسمية معادلة اينشتين الشهيرة ($E = mc^2$) بقانون اينشتين، اللهم إلا في بعض الحالات النادرة والتي قد يُصطلح فيها عليها (قانون حفظ الطاقة والكتلة) حيث بإمكانك اشتقاقها من قانون حركة نيوتن الثاني ($F = dp / df$) مع التأكيد على أن اشتقاق مفهوم (p) في النظرية النسبية الخاصة مختلف جذرياً عن مفهومه في نظرية الميكانيك الكلاسيكية، ولعل من المناسب أن نذكر هنا أيضاً أن (اينشتين) كان قد تمكن في عام (1905) من اشتقاق قانون حفظ أو مساواة الطاقة بالكتلة) من مبادئ (النظرية النسبية الخاصة وكان قد نشرها في مقالة قصيرة بعنوان (يمكن أن تعتمد استمرارية جسم ما على مخزونه من الطاقة؟).

عادة ما يتبادل العلماء والكتاب آراءهم حول الشؤون العلمية ومستجدات الإبداع الإنساني، وإليك فيما يلي الرسالة التي بعث بها إلي البروفسور (كلنت سبروت - Clint Sprout) من جامعة وسكونسن (Wisconsin) الأمريكية معبراً فيها عما يجول بخاطرهم وما يعتمر في نفسه بخصوص ($E = mc^2$) والتي جاء فيها:

((لعل أهم ما يتبادر إلى ذهني بخصوص عدم اعتبار ($E=mc^2$) قانوناً، هو أنها وبساطة عبارة عن نتيجة مباشرة لحقيقة أعمق ألا وهي (نظرية النسبية الخاصة)، هذا تماماً ما قد ينطبق في كثير من الجوانب على إمكانية اعتبار (قوانين كبلر) نتيجة مباشرة أيضاً لحقيقة أعمق ألا وهي (قوانين نيوتن)، علماً بأن الحقيقة التاريخية المعروفة هي أن (كبلر) كان قد سبق (نيوتن) زمناً، هذا من ناحية، أما من ناحية ثانية فقد لا يتعدى دليل عدم اعتبار ($E = mc^2$) قانوناً كونها حقيقة مساواة بسيطة بين كتلة الجاذبية وكتلة الاستمرارية. أما إذا أمعنت البحث في حقيقة مخاض كلا (نظريتي اينشتين في النسبية الخاصة والعامة)

(1) وهي إحدى المعادلات الموجية لـ (ميكانيكا الكم النسبية) وضعها الفيزيائي البريطاني (بول ديراك - Paul Dirac) في عام (1928) لتفسير تصرف الجسيمات الأولية الحاوية على صفات الكمية من نوع (نصف $1/2$) دورة كالإلكترونات، وتماشياً مع مبادئ كلا نظريتي الكم والنظرية الخاصة في النسبية. (المترجم).

(2) وهي الصيغة (النسبية) لمعادلة (مرو نجر) وتمثل نظرية حركة حقل أو قيمة غير اتجاهية، وهو الحقل الناتج عن جسيمات كمية لا دوران أو (عامل لف) لها. (المترجم).



لوجدت أنهما قد عانتا الكثير من التردد قبل قبولهما من قبل المجتمع العلمي، إلى الحد الذي يعكس ظلال الشك التي لا تزال تخامر رواد الفيزياء النظرية حول صحة (النسبية العامة) ولحد اليوم. خلاصة القول إنه وبلاستناد إلى كل ما سبق، لعلني أجد مبررا مقنعا لتسمية أعظم حقيقة في تاريخ العلوم ($E = mc^2$) بالمعادلة وليس بالقانون!! ولعلني أجد من المناسب أن أختتم رسالتي إليك بعرض حقيقة نتفق كلانا عليها، ألا وهي أن كثرة إنجازات هذا العبقري وفتوحاته العلمية كانت قد جعلت من تسمية قانون اينشتين (بصيغة المفرد) أمرا محيرا.

وفي هذا المجال دعني أسوق إليك النصيحة العلمية العملية التالية، عليك تشارك قراءك بها: إذا ما أردت أن يخلد اسمك وأن يُطلق على إنجاز ما لا يطمسه التاريخ بعدك... فعليك أن تقف عنده وألا تقوم بنشر أي عمل مهم آخر إذا ما حالفك الحظ ونشرت عملك الأول!!)).

كتب لي كذلك الدكتور (دانييل بلات - Daniel Platt) من شركة IBM فرع مركز أبحاث الدكتور (ت. ج. واتسون - T.J. Watson) رسالة بنفس المضمون جاء فيها... ((يكاد لم يُطلق اسم (قانون) على أي مبدأ اكتشف بعد عام (1900)، ومثال ذلك زخم جهود (مكسويل) التي وحد من خلالها مجموعة قوانين (امبير وكاوس وكولوم وغيرهم) لغرض المحافظة على مبدأ - حفظ الشحنة، والتي اقترح بموجبهما وجود حقول مغناطيسية لا بد وأن تتولد عند حدوث تغيرات في إزاحة الحقول الكهربائية المصاحبة لها.

يؤرخ العام (1900) لبداية نمو النزعة المناوئة لحالة التكرارية والإعادة والمناهضة لحركة إطلاق مصطلح (القوانين) على الاكتشافات العلمية التي كانت سائدة في وقت إنجازها من أمثال قانوني (كاوس) و(كولوم)، ففي بدايات القرن العشرين (1900) كانت قد بدأت ظاهرة المناصرة والموازرة لمفهوم الإيجابية الرياضية، وضرورة إحكام قبضتها على المجتمع العلمي؛ هذا المنطق الذي تُرجم عمليا وببساطة إلى مفهوم خال من

المرونة مفاده ضرورة التمسك بتعريف المفاهيم والمبادئ الفيزيائية الأساسية بالاستناد الحرفي إلى المصطلحات العلمية والتجريبية المتفق عليها عالمياً، ولقد صيغ المصطلح العلمي الشامل ليحيط بكامل تلك الفكرة ويعبر عنها وهو مفهوم (علمية التعامل - Operationalism).

لقد غيرت هذه المفاهيم توقعاتنا حول مصطلح (القانون) وصار المجتمع العالمي أكثر تحفظاً بعد عام (1900) منه قبله بشأن إطلاق هذه التسمية، وقد أستطيع الاستنتاج هنا بأن الغالبية العظمى، إن لم نقل كافة القوانين الفيزيائية المعروفة كانت قد صيغت ومنحت تلك التسمية قبل عام (1900)، وتكاد لا تجد أي استعمال لمصطلح (القانون) على أي من الإنجازات والمبادئ الفيزيائية بعده).

خذ على سبيل المثال (النظرية الموجية لشرودنجر) فهي لا تحمل اسم (قانون شرودنجر) لأسباب؛ قد يكون أهمها: إمكانية اعتبارها كتعريف؛ فهي لا تُفسر ولا تشرح علاقة فيزيائية بين كميات أو حدود بطريقة مباشرة أو بسيطة، وإنما تمكنا من حساب الدالة الموجية لجسيم معين، وهنا تكتسب تلك المعادلة قابلية وصف حقيقة تنتج من مبدأ أساسي، ألا وهو امتلاك الجسيمات للخاصية الموجية وبإمكاننا دراسة تصرفها بتلك الدلالة.

وختاماً... لا بد لي من الاستدراك والتذكير بأنني لا أدعي أبداً شمول كتابي هذا على كافة قوانين الكون ولا حتى على كافة القوانين (المهمة) فيه، فكلنا يعلم أن العلم في تطور مستمر وأن المعرفة في اتساع مطرد وكلاهما يسير بتواتر مدهش سريع يكاد يستحيل اللحاق بهما. لقد كان هدفي دائماً - ومن خلال كافة صفحات هذا الكتاب - هو أن أجعلها مختصرة بيّنة وأن أركز فيها على القوانين التي اكتسبت أسماء موجدتها، وأن أولي الأهمية الكبرى لأكثرها تأثيراً في حياتنا من الناحيتين العلمية والتاريخية. لقد أغفلت وعن عمد مقصود ذكر العديد من القوانين الأخرى وذلك حفاظاً على الحجم المعقول لهذا الكتاب، ولكي أبتعد جهد الإمكان عن ذكر وشرح تفاصيل القوانين المعقدة - والتي وإن كان لا يمكن لأحد أن يطمس أهميتها من ناحية، إلا أنه لن يكون بالإمكان اختصارها أو توضيحها بمعادلات



بسيطة وضمن إطار كتاب مبسط كمثال هذا الذي بين يديك الآن من ناحية أخرى.

لقد أحجمت - والحقيقة أقول - عن ذكر بعض المبادئ المهمة (كمبدأ لي شاتيليه الذي وصفه في عام 1888) الكيميائي الفرنسي الشهير [هنري لي شاتيليه Henry Le Chatelier 1850-1936] والذي نص على حقيقة تغير وانتقال حالة توازن أي نظام كيميائي متوازن كلما أخضع لأي زيغ في تركيز مكوناته و/أو حرارته و/أو مقدار الضغط المسلط عليه، وبشكل يضمن استمرارية الحفاظ على حصول أقل قدر ممكن من ذلك التغير. (ولابد من الإشارة في هذه العجالة إلى وجود العديد من الحالات التي لا تتساق ولا تتسق مع نص هذا المبدأ بالطبع!) كما أنني لم أضم بين دفتي هذا الكتاب قانوناً مهماً آخر وهو القانون الذي اكتشفه عام (1834) الفيزيائي الألماني الشهير [هنريخ لنز Heinrich Lenz 1804-1865] والذي ينص على أن التيار المتولد من حالة حث فيض مغناطيسي معين لابد وأن يسير باتجاه معاكس لذلك التغير في الفيض المسؤول عن استحثته، وذلك بسبب تشابهه مع... وإمكانية اشتقاقه من قوانين أخرى (كقانون فراداي للحث).

قوائم بأفضل الإنجازات العلمية البشرية

(كشف حساب!!)

- في ظل كل معادلة وبين طيات كل قانون يكمن سر وتستتر معجزة تمجد عظمة الإله - جل وعلا.

ماريا ميتشيل - Maria Mitchell كلمات محفورة على تماثيلها النصفي في (قاعة الشهرة) في بروكس Bronx، كتبتها هي في عام (1866).

أورد المؤلف (شارل ميوري - Charles Murray) في كتابه (الإنجازات البشرية) قائمة بأكثر العلماء تأثيراً وأهمية في مختلف حقول النشاط الإنساني وذلك خلال الحقبة الزمنية المحصورة ما بين عامي (800) قبل الميلاد ولغاية (1950) بعده. لقد أدرج (ميوري) وصنف الأعلام في كتابه بالاستناد إلى مجموع النقاط التي حصل كل منهم عليها، تلك النقاط التي اعتمدت بدورها على مقدار وطبيعة وكمية المصادر المكتوبة والتي أشير فيها إلى كل علم وعالم، كما اعتمدت على مختلف كتب العلوم العامة ومعاجم السير الذاتية والعديد من المصادر الأخرى، كما وضع (ميوري) في الحسبان عدد الصفحات التي طبعت وقد ورد ذكر كل فرد فيها. وفيما يلي قائمة بأهم عشرين فيزيائياً تم تصنيفهم حسب أهميتهم ومدى تأثيرهم على منحى العلم في العالم. حاول أن تقارن بينها وبين الأسماء التي سبق إيرادها في متن سفرنا الذي بين يديك:

| | |
|----------------------|--------------------|
| 1. Isaac Newton | 1 - اسحاق نيوتن |
| 2. Albert Einstein | 2 - ألبرت اينشتاين |
| 3. Ernest Rutherford | 3 - ارنست رذرفورد |
| 4. Michael Faraday | 4 - ميشيل فراادي |
| 5. Galileo Galilei | 5 - غاليليو غاليلي |
| 6. Henry Cavendish | 6 - هنري كافندش |
| 7. Niels Bohr | 7 - نيلز بور |
| 8. J.J. Thomson | 8 - ج. ج. تومسون |
| 9. James Maxwell | 9 - جيمس مكسويل |



| | |
|------------------------|----------------------|
| 10. Pierre Curie | 10 - بيير كوري |
| 11. Gustav Kirchhoff | 11 - كوستاف كرشهوف |
| 12. Enrico Fermi | 12 - انريكو فرمي |
| 13. Werner Heisenberg | 13 - ورنر هيزنبرك |
| 14. Marie Curie | 14 - ماري كوري |
| 15. Paul Dirac | 15 - بول ديراك |
| 16. James Joule | 16 - جيمس جول |
| 17. Christiaan Huygens | 17 - كريستيان هايكنز |
| 18. Walter Gilbert | 18 - والتر كلبرت |
| 19. Thomas Young | 19 - توماس يونك |
| 20. Robert Hooke | 20 - روبرت هوك |

(ولعله من المفيد أن نذكر أن (ميوري) كان قد جاء أيضاً على ذكر أرخميدس

— Archimedes ضمن قائمة الرياضيين)...

ومن ناحية أخرى، أورد فيما يلي وعلى سبيل المقارنة القائمة التي نشرتها عام (1999) مجلة عالم الفيزياء (Physics World) عقب الاستطلاع الذي أجرته بمناسبة نهاية القرن العشرين، والذي شمل ما يقارب المئة (100) من رواد علم الفيزياء المعاصرين والذين كان لهم كأس السبق في التأثير على حياتنا العلمية وإنجازاتها في وقتنا الراهن، والذين أسهموا في تطوير هذا العلم. وبعد الفرز والتمحيص تم اختيارهم (للعشرة) الأكثر تأثيراً وأهمية على منحنى علم الفيزياء وهم:

| | |
|------------------------|-----------------------|
| 1. Albert Einstein | 1 - ألبرت اينشتاين |
| 2. Isaac Newton | 2 - اسحق نيوتن |
| 3. James Clerk Maxwell | 3 - جيمس كلارك مكسويل |
| 4. Niels Bohr | 4 - نيلز بور |
| 5. Werner Heisenberg | 5 - ورنر هيزنبرك |
| 6. Galileo Galilei | 6 - غاليليو غاليلي |
| 7. Richard Feynman | 7 - ريتشارد فاينمن |
| 8. Paul Dirac | 8 - بول ديراك |
| 9. Erwin Schrodinger | 9 - إرون شروندنكر |
| 10. Ernest Rutherford | 10 - ارنست رذرفورد |

لاحظ أن الفيزيائي البريطاني براين كرين (Brian Green) من جامعة كولومبيا والذي شارك وأشرف على الاستطلاع الذي قاده مجلة (عالم الفيزياء)، بأن المركز الأول قد احتله

(اينشتين) بعد أن أراح (نيوتن) عنه، وقال معقبا: (لقد قلبت نظريتي اينشتين النسبيتين) (العامة والخاصة) كافة مفاهيم الفيزياء التي حكمت العالم ومقدساته المتمثلة بـسرمدية المكان والزمان، وأبدلتها بنظام جديد وسياق مبتكر صاروا عاملين طبيعيين ضمن إطاره)، أما محرر المجلة (بيتر روجرز Peter Rodgers) فقد كان أكثر ثقة من تبادل الموقعين الأول والثاني من قبل (نيوتن) و(اينشتين) وأعمق تفهما لذلك، ولكنه كان قد أبدى دهشته من استبعاد سبعة من عظماء علماء الفيزياء وسبعة من قوانينهم من هذا السباق!!.

ونستمر فيما يلي بعرض قوائم العلماء وأسماء المتربعين منهم على سدة السبق ومنها ما نشره (جون كليريد سيمونز - John Gallbraith Simmons)، والذي كان قد أعطى الأولوية للأفذاذ العشرين المختارين في كتابه الموسوم (العلماء المئة) وبالترتيب التالي:

| | |
|-------------------------|------------------------|
| 1. Isaac Newton | 1 - اسحاق نيوتن |
| 2. Albert Einstein | 2 - ألبرت اينشتين |
| 3. Niels Bohr | 3 - نيلز بور |
| 4. Charles Darwin | 4 - شارل دارون |
| 5. Louis Pasteur | 5 - لوي باستور |
| 6. Sigmund Freud | 6 - سيغموند فرويد |
| 7. Galileo Galilei | 7 - غاليليو غاليلي |
| 8. Antoine Lavoisier | 8 - انتوني لافوازييه |
| 9. Johannes Kepler | 9 - يوهان كبلر |
| 10. Nicolaus Copernicus | 10 - نيكولاس كوبرنيكس |
| 11. Michael Farady | 11 - ميشيل فاراداي |
| 12. James Clerk Maxwell | 12 - جيمس كلارك مكسويل |
| 13. Claude Bernard | 13 - كلود برنار |
| 14. Franz Boas Modern | 14 - فرانز بوز موديرن |
| 15. Werner Heisenberg | 15 - ويرنر هايزنبرك |
| 16. Linus Pauling | 16 - لينس بولنك |
| 17. Rudolf Virchow | 17 - رودولف ورشو |
| 18. Erwin Schrodinger | 18 - ارون شروذنكر |
| 19. Ernest Rutherford | 19 - إرنست رذرفورد |
| 20. Paul Dirac | 20 - بول ديراك |



لقد استند (سيمونز) في تدريجه للعلماء على: - مدى تأثيرهم على إعادة صياغة وهيكلية المفهوم العلمي العالمي، وعلى مدى تغلغل تلك الإعادة فيه وعلى مدى رسوخ قوانينهم في الذاكرة العلمية والتجريبية العالمية، فكتب متسانلاً ومجيباً:

((من هم هؤلاء العظماء العشرون، سادتي الأفاضل؟! إنهم أفراد تلك العصابة المتميزة من الذين أوجدوا قوانين الحركة واكتشفوا كيفية تصرف الكهرباء، والذين كشفوا الحجاب عن مكونات الذرة وأسرارها واختزلوا عظمة المواد والطبيعة إلى عناصر ووضعوها في جدول، وأثبتوا وجودها في الشمس النائية. نعم إنهم الأفذاذ الذين - وباستثناء واحد أو اثنين من الاكتشافات الخالدة والتي تعود بتاريخها إلى حقبة اليونان والبابليين - أنجزوا كل ذلك وفي غضون بضعة مئات من السنين لا غير)).

ومن زاوية أخرى، إليك المعادلات التالية، التي سطرها (ميشيل كولن - Michael Guillen) في كتابه المعنون (خمسة معادلات غيرت وجه العالم) والتي اعتقد، حسب وجهة نظره بأنها كانت الأساس والدعامة لأعظم وأهم خمسة إنجازات خارقة في التاريخ... وهي:

- 1 - قانون نيوتن للجذب العام
- 2 - قانون برنولي لضغط وحركة السوائل
- 3 - قانون حث فرادي
- 4 - معادلة الكتلة والطاقة ونظرية اينشتين في النسبية الخاصة.
- 5 - قانون كلوزيس للديناميكا الحرارية.

أما الصياغة الرياضية لها - إن أحببت الاطلاع عليها فهي:

1. $F = G \times M \times m \div d^2$ (Newton's Law of Universal Gravitation)
2. $P + \rho \times \frac{1}{2}v^2 = \text{constant}$ (Bernoulli's Law of Hydrodynamic Pressure)
3. $\nabla \times E = -\partial B / \partial T$ (Faraday's Law of Induction)
4. $E = mc^2$ (in addition to Albert Einstein's Special Theory of Relativity)
5. $\Delta S_{\text{universe}} > 0$ (Clausius's Law of Thermodynamics)

الفصل الثاني

المعادلات الأعظم



أهمّات المعادلات في تاريخ البشرية

- المعادلات العظيمة هنّ وببساطة تلك المعادلات التي تُغيّر من مفهومنا للعالم الذي من حولنا، إنهن يعدن تنظيمه وانسجامه مع نفسه، ويحولنه ويطورن تكامله مع إحساسنا وإدراكنا، أنهن اللاتي يعدن صياغة وتعريف (ما الذي... ينتمي... لماذا).. كما هي علاقة (الضوء بالموجة) و (الطاقة بالكتلة) و (الموقع بالاحتمالية)، وتراهن عند ذاك يقمن بعملهن بأسلوب رشيق بسيط غريب وغير متوقع.

كريس

Robert P. Crease, (The Greatest Equations Ever) World Physics

من كتابه (المعادلات الأعظم) منشورات مجلة (عالم الفيزياء -

- أجرى (روبرت كريز - Robert Crease) في عام (2004) استفتاء بين قراء ومشركي مجلة عالم الفيزياء حول (ما هي أعظم المعادلات التي تم اكتشافها عبر التاريخ؟). فجاءت معادلات (مكسويل) للكهر ومغناطيسية ومتطابقة (يولر - Euler) على رأس قائمة المتنافسين، وخلال المناقشات والاستفسارات المصاحبة للاستفتاء، تساءل العديد من قراء المجلة حول ماهية الاختلاف وكيفية التفريق بين المصطلحات شائعة الاستعمال مثل (القانون الكيميائي) و (القانون) و (النظرية) و (المعادلة) ؛ فجاءت إجابة (كريز) على الشكل التالي (وبناء على وجهة نظره): يعرف القانون والقانون الكيميائي: بأنهما الجملة أو الشيء أو الحالة التي تنقاد إلى القواعد والتناسق (Syntex) الطبيعي وتنظم بسلاسة حسب مفهومها، أما المعادلة فهي قانون ينص على، ويبين حقيقة مشاهدة قابلة للاختبار، ولذلك تمتاز بالشمولية وقابلية التكرار وأسوق أمثلة لذلك، كالمعادلة التي تصف متوالية بالمر (Balmer Series) لخطوط الطيف المرئي والتي تكتب رياضيا على الشكل التالي:

ومثالها المعادلات الكيميائية التي تتضمن مشاهدات تدور حول التفاعلات التي تتم مخبريا... ويضيف في كتابه موضحا (لا يمكننا الاعتماد على (نظافة) التعاريف التي سبق ذكرها... فلعلك تجد العديد من المعادلات الفيزيائية الكلاسيكية من أمثال ($E = mc^2$) ومعادلات (شرودنجر) والتي لا تمثل استنتاجات ولا نتائج تم بلورتها من ملاحظات وتجارب، ولكنها عبارة عن استنتاجات بُنيت على المنطق والنتيجة المستمدة من معادلات ومعلومات

أخرى، فهي بذلك تميل إلى كونها أقرب إلى النظريات منها إلى القوانين، علماً أن لصيغة الكثير منهن ذات القوة والشمولية التي تمتاز وتمتع بها المعادلات والقوانين، ولهن نفس المحتوى العلمي والقيمة العملية، ويؤكد (كريز) كذلك على واقع وضرورة عدم اقتصار (النظريات العظيمة) في مهمتها على حقيقة وضع واستخراج الصفات الأساسية للكون أو اعتبارها كالعلامة الهادية المرشدة في مفترق طرقه وتجاوز ذلك إلى عملها الدؤوب وجهدها المتميز لاستخراج (وتعدين) حقيقة من حقائقه بكل ما في ذلك من صعوبة ودقة.

يضيف (ميشيل بيري - Michael Berry) من جامعة (برستل - Bristol Univ) في عدد شهر شباط (فبراير)، 1998 من مجلة عالم الفيزياء موضحاً: (بأن على كل نظرية عظيمة في الفيزياء أن تضيف أكثر مما منح لها، بمعنى أنه على النظريات، إضافة إلى استخدامهن في حل المسائل اللائي أو حين لاستنباطها، أن يفسرن أكثر ويتنبأن بأمور جديدة).
ظهرت نتائج استفتاء (كريس - Crease) كما يلي، وحسب قابلية كل معادلة على تكيفها مع عالم الفيزياء بدلالة عدد القراء المصوتين لها...

$$1. \text{Maxwell's Equations } \nabla \cdot \vec{D} = \rho, \nabla \cdot \vec{B} = 0, \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \nabla \times$$

$$\vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$2. \text{Newton's Second Law, } F = ma$$

$$3. \text{Schrödinger's Wave Equation, } H\Psi = E$$

$$4. E = mc^2$$

$$5. \text{Boltzmann's Equation, } S = k \ln W$$

$$6. \text{Principle of Least Action, } \delta S = 0$$

$$7. \text{De Broglie's Wave Equation, } \lambda = h/mv$$

$$8. \text{Einstein's Field Equations for General Relativity, } G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

$$9. \text{Dirac's Equation, } i\gamma \cdot \partial \psi = m\psi$$

$$10. \text{Hubble's Equation, } v = H_0 d$$

$$11. \text{Ideal Gas Law: } PV = nRT$$

$$12. \text{Balmer Series: } 1/\lambda = R(1/n_1^2 - 1/n_2^2)$$

$$13. \text{Planck's Equation: } E = h\nu$$



- 1 - معادلات ماكسويل
 - 2 - قانون نيوتن الثاني
 - 3 - المعادلة الموجية لشروينجر
 - 4 - علاقة الطاقة بالكتلة لاينشتين
 - 5 - معادلة بولتزمن
 - 6 - مبدأ الفعل الأدنى
 - 7 - المعادلة الموجية لدو بروكلي (De Broglie)
 - 8 - معادلة المجال لنظرية اينشتين في النسبية العامة
 - 9 - معادلة ديراك (Dirac)
 - 10 - معادلة هابل (Hubble)
 - 11 - قانون الغاز المثالي
 - 12 - متواليات بالمر
 - 13 - معادلة بلانك (Planck)
- يذكر (كراهام فرميلو) في كتابه (إنهن لفاتنات لابد من ذلك!) المعادلات التي زكاها أحد عشر كاتباً وآمنوا بأنهن الأهم شأناً والأكثر إثارةً والأجل تأثيراً في حقل علوم القرن العشرين. تنتمي ست منها إلى حقل الفيزياء الأساسية، وهن:

- The Planck-Einstein Equation, $E = hf$, which connects frequency with energy
- Einstein's equation $E = mc^2$
- Einstein's equation that governs general relativity and gravity.

$$R_{ab} - \frac{1}{2} R g_{ab} = -8\pi G T_{ab}$$
- The Yang-Mills Equation, which describes fundamental particles and their interactions: $\partial f_{\mu\nu} / \partial x_\lambda + 2\epsilon(\mathbf{b}_\lambda \times \mathbf{f}_{\mu\nu}) + \mathbf{J}_\mu = 0$
- Schrödinger's Wave Equation
- Dirac's Equation

• معادلة بلانك - اينشتين والتي تربط التردد بالطاقة.

• معادلة اينشتين

- معادلة اينشتاين والتي تربط النسبية العامة بالجاذبية
- معادلة يانك - ملز والتي تصف الجسيمات الأساسية وتعاملها مع بعضها.
- المعادلة الموجية لشروينجر
- معادلة ديراك

ولقد ضم كتاب (فرميلو) آنف الذكر كذلك معادلة (ديريك - Drake) والتي تخمن

عدد الحضارات المتقدمة تكنولوجيا في مجرتنا؛ وهي:

$$[N = R' \times f_p \times n_c \times f_i \times f_l \times f_c \times L]$$

ومعادلة شانون (Shannon) لنظرية المعلومات:

$$[H = -K \sum_i p(x_i) \log p(x_i)]$$

ومعادلة التخطيط العقلاي الذي يرسم النماذج الخاصة بالتصرف المركب في حقل نظرية

الفوضى⁽¹⁾ وهو:

$$[X_{n+1} = rx_n (1 - x_n)]$$

كتب (ستيفن واينبرك - Steven Weinberg) في خاتمة كتاب (إنهن لفاتنات، لا بد

من ذلك!) موضحا معادلة ديراك بقوله: إن نجاحا حققته معادلة (كمعادلة ديراك)⁽²⁾، لا يمكن

(1) Chaos Theory: نظرية رياضية تصف بعض الأنظمة الحركية التي تتطور مع الزمن والتي لها علاقة بحالتها الأولية وقد تسمى (بتأثير الفراشة - The Butterfly Effect). وقد يظهر تصرف هذه الأنظمة وكأنه (عشوائي) ومن أمثلة ذلك (تصرف الطقس) والذي قد يفسر بطريقة (النماذج الرياضية - M. Models). وهناك نظرية مماثلة للمكم تُسمى Quantum Chaos.

(2) Dirac Equation: هي معادلة فيزيائية تختص بالتصرف النسبي الكمي الميكانيكي للنظرية الموجية، وضعها (بول ديراك) عام (1928) والتي تفسر (1/2) دوران الجسيمات الابتدائية كالإلكترون وتوافق نتائجها مبدأ ميكانيكا الكم والنظرية النسبية الخاصة. تنبأت بوجود الجسيمات المضادة وأهلت لاكتشاف البوزترون (الإلكترون الموجب - المضاد للإلكترون الاعتيادي السالب) وتكتب كما يلي:

$$\left((i\hbar \frac{\partial}{\partial t} - mc^2) \cdot \sum_i a_i p_i \right) \psi(x, t) = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(x, t)$$

حيث إن m - هو الكتلة الساكنة للإلكترون

و C سرعة الضوء في الفراغ

و P العزم العامل

و t ثابت بلانك المعدل

و x, t هما إحداثيا المكان والزمان - (المتراجم) عن الويكابيديا

و \hbar ، ثابت بلانك المعدل



أن يمثل خطأ!... حتى وإن ترآى لبعض التجارب أو القياسات بأنها قد لا يصح استخدامها وفق الأسباب التي ساقها واضعها، أو حتى قد تفشل بحق في منظومات أخرى، كما أنها قد تقضي إلى غير ما قصد واضعها أن تقضي إليه.

هذه معادلات تمتاز بالاستباقية، ولا بد لنا أن نتحلى بسعة البال واتساع الأفق لنستشف منهن ما يمكن أن يُفَضِّلَ إلينا به. فهن لا يعكسن محتواهن من التعقيد بقدر ما يُزِنُ الطريق لإدراك رحابة وعمق الكون الذي نحيا فيه... هذا من ناحية، أما من ناحية ثانية فإن ثبوت ورسوخ معادلات الفيزياء الحديثة الأخرى كدعامات للعلم الحديث ومنارات للمعرفة فلا يمكن تشبيهها إلا بالإنجازات التاريخية العظيمة الصامدة إلى اليوم كأهرامات الفراعنة أو كجنائن بابل المعلقة!!

ومن الطريف هنا وقبل الولوج في بعض تفاصيل (معادلة ديراك) أن نسوق ما اقتبس (فرانك ولكرك - Frank Wilczek) وهو أحد محرري كتاب فرميلو (إنهن لفاتنات، لا بد من ذلك!!) عن (هنريخ هرتز - Heinrich Hertz) معلقاً على (معادلات مكسويل) بقوله: (لا عالم يستطيع نكران شعور العظمة والاستقلالية الذي لا بد وأن يكنه لتلك المعادلات، تكاد إحداهن أن تملك زمام الذكاء بنفسها، فمقدار الحكمة والدقة اللتين يحويانها تكاد تفوق تلك التي تتمتع بها نحن بنو البشر! فهن بلاشك أذكى وأكثر حكمه من مكتشفهن... بالمفهوم الذي تعي به أنك تستطيع أن تستمد منهن أكثر مما بذل لإيجادهن!!).

لقد ذكرت فيما سبق حقيقة أن لبعض المعادلات الفيزيائية قابلية توليد واستنبات الأفكار وحصد واستثمار النتائج والتي لم تكن لتجول في خاطر مكتشفها، بل لم يكونوا ليتوقعوها أصلاً. قد يبدو وكأن مثل هذه المعادلات طاقة سحرية أو قوى خفية، استطاع (ولكرك) أن يلمح إلى جانب منها في (غزله) المهدى (لمعادلة ديراك) أنفة الذكر والتي تجد فيما يلي تفصيلاً موجزاً عنها.

وضع الفيزيائي البريطاني بول ديراك (Paul Dirac) عام (1928) نظريته لتوصيف الجسيمات الكمومية، وقد كان بذلك يدي باله محاولاً إيجاد صيغة توفيقية (لمعادلة

شروودنجر) الموجية بحيث تطابق في تصرفها مبادئ (النظرية النسبية الخاصة) لآينشتاين.

تكتب (معادلة ديراك) بعدة طرق إضافة إلى ما ذكره المترجم فيما يلي إحداها:

$$\left(mc^2 + \sum_{i=1}^3 \alpha_i p_i c \right) \psi(x, t) = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}(x, t).$$

و نستخدم لتفسير تصرفات الإلكترونات وغيرها من الجسيمات الابتدائية بطريقة تتماشى مع متطلبات كلا نظريتي (ميكانيكا الكم) و (النظرية النسبية الخاصة)، وتتوقع هذه المعادلة - كما سبق أن أسلفت - وجود جسيمات مضادة، وتتنبأ بطريقة ما بوجود اكتشافها تجريبيا. واستنادا إليها فقد تم اكتشاف (البوزترون) وهو الجسيم المضاد (للإلكترون)، فضربت بذلك مثلا ساطعا على أهمية وفائدة الرياضيات في مجال الفيزياء النظرية الحديثة.

في المعادلة السابقة تمثل الرموز التالية مفهومها الظاهر أمامها وكما يلي:

m - كتلة الإلكترون الساكنة

\hbar - ثابت بلانك المعدل ويساوي $[1.054 \times 10^{-34}]$ مرفوعة إلى الأس السالب (34) جول ثانية.

c - سرعة الضوء في الفراغ.

P - عامل تفعيل الزخم

t, x - إحداثي المكان والزمان

$\Psi(t, x)$ - دالة الموجة

α - عامل التفعيل الخطي الذي يؤثر على دالة الموجة

لقد وصف (بيتر كالسن - Peter Galison) شخصية ديراك في كتابه الموسوم (الرمز

المطموس) كما يلي:

((لا جدال في أن خير من استحق لقب، ورفع راية (عميد فيزيائي القرن العشرين

النظرين) هو - بول ديراك - بلا منافس، فبالرغم من دماثته وخجله وشخصيته التي

لا تقبل إلى الضوء أو الشهرة وعدم سطوع نجمه شعبيا (كالبرت اينشتاين) و (نيلز بور)

و (ورنر هيزنبرك) - فقد عُرف بين فيزيائيي القرن العشرين بأنه (الإنسان النظري



صاحب الروح الأصفى والأسمى) وذلك لموجبات كثيرة ليس أقلها كونه لا يميل إلى الثثرة بطبيعته، قليل الاختلاط بالآخرين، شديد الحساسية والدقة في انتقاء كلماته في كل ملاحظاته، شديد الدقة في أعماله وتحركاته ولا يتدخل بشؤون الآخرين. ولأنه كان فعلا مثل شخصية الراهب الناسك الذي شغله تعبده في محراب الفيزياء عما سواه، فلم يبذل ولم يلاحظ عليه أي اهتمام من قريب أو من بعيد بأي مشاركة لا بالفن ولا بالأدب ولا بالموسيقى ولا بالسياسة. ويكاد يكون مقلا حتى في صداقته ومعارفه أيضا، إلا أنه عُرف واشتهر بمعادلاته الفذة التي تحمل اسمه والتي تصف الإلكترون حسب المفهوم النسبي (لنظرية اينشتاين). فالواقع يحتم علينا إرجاع الفضل (لديراك) هذا في إعادة هندسة (نظرية ميكانيكا الكم) وإكمال صقلها ووضعها في إطارها المحسوس لعلماء وفيزيائيي العالم، كما ويعود له الفضل في إعداد العدة لاكتشاف وسر غور الأقطاب المغناطيسية (الأحادية)، وتعميم المفهوم الرياضي للدوال وإطلاق إشارة البحث في الحقول الكيميائية للديناميكا الكهربائية والتنبؤ بوجود المادة المضادة).

أما المعادلة الثانية والتي تمثل كسابقتها علما منيرا من أعلام الفيزياء وإنجازا فذا من إنجازاته، فهي (المعادلة الموجية لشروودنجر) والتي تصف مشارف الحقيقة بلغة الدوال الموجية والاحتمالات الممكنة وتكتب رياضيا على الشكل التالي:

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(\mathbf{r}) \right] \psi(\mathbf{r}, t) = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}(\mathbf{r}, t)$$

لقد أعلى الفيزيائي (فريمن دايسن Freeman Dyson) شأن هذه المعادلة وأعاد لها (شيئا) من أهميتها وبريقها وذلك حين وصفها في المقدمة التي أهداها إلى الكاتب (جون كورنول - Cornwell) لتصدر كتابه الموسوم (الطبيعة وتخيالاتها)؛ بأنها تجسد أحد أهم مراحل تمكن الإنسانية من إحكام قبضتها على الحقيقة، وقد جاء في تلك المقدمة ما يلي:

((لعل من سحرية القدر أن يتمكن الإنسان فجأة - وفي لحظة زمن مباركة - من تطوير فكرة وتفهمه لمجال كامل من العلوم الفيزيائية باكتشافه لمعادلة أساسية واحدة فقط،

وكانها المفتاح السحري لباب علم غامض طال غلقه.

نعم لقد تمكنت معادلتنا (شرودينجر عام 1926) و (ديراك عام 1927) من وضع اللمسة العجائية الصحيحة وإضفاء النظام وإحكامه على مجال واسع من الفوضى والغموض الذي كان يلف دهاليز الفيزياء الذرية. لقد تم بفضل تينك المعادلتين اختزال أجيال من التعقيد المعجز الذي لف علمي الكيمياء والفيزياء إلى خطين رشيقين من الرموز الجبرية)).

أثنى (بول ديراك) على عبقرية (اينشتين) المتجسدة بنظريتيه الاستثنائيتين حول النسبية الخاصة و العامة، ومعادلاته الفذة حول المجال في الجاذبية، حين وصفهما بأعظم اكتشاف علمي في تاريخ البشرية، في حين نعتهما (ماكس بورن - Max Born) بأعظم ثمرة، وأجل نفحة أهداها الفكر الإنساني للطبيعة. والتان تضمنتا روعة التناغم والتجانس بين الفكر الفلسفي الثاقب والحس الفيزيائي المرفه والمهارة الرياضية الفذة الخلاقة. (راجع المدخل الملخص في شرح النظرية النسبية العامة الذي ذكر تحت عنوان [قانون] الخاصة الشعيرة لاوتنش) على صفحة (789) من هذا الكتاب].



حكومة نيكاراكوا والمعادلات الرياضية وطوابع البريد:

أقدمت حكومة نيكاراكوا في أوائل سبعينيات القرن الماضي (1970s) على القيام بمبادرة تستدعي الاحترام والإعجاب والتي لم يسبق أن أقدمت عليها أي حكومة قبلها (ولا أظنني على علم بأي مبادرة مثيلة بعدها!)، ألا وهي إصدار مجموعة من عشرة طوابع بريدية تحمل عنوان (المعادلات الرياضية العشرة التي غيرت وجه العالم)؛

(The 10 Mathematical Formulas That Changed the Face of the World) (las 10 Formulas Matematicas Que Combiaron La Faz De La Terra).

ألا ترى معي في ذلك التفاتة تستحق التقدير بأن يقوم بلد ما بإصدار مجموعة من الطوابع البريدية تخلد تبجيله للرياضيات بأن يُبرز إلى العالم عشر معادلات مجردة؟ هل أقدم أي قطر آخر على مثل هذا التبجيل؟ وما هو برأيك الغرض البعيد من ذلك؟

هناك ولاشك الكثير من الاحتمالات والآراء التي أثارها تلك المبادرة، فقد أكبر معظم العلماء والعامة هذه الخطوة وأعجبوا بها إنما إعجاب، وأضافوها إلى إيجابيات إدراك الساسة لأهمية العلم. كما كانت هناك آراء مغايرة تماماً قد ينعكس بعضها سلبياً كالرأي القائل بإغفال المعادلات المهمة فقط لعدم تناسب مساحة الطابع الصغيرة مع طولها! أما من جهتي كباحث محايد مهتم بالرياضيات وتاريخها فقد آليت على نفسي إلا أن أقوم باستبيان شخصي لتحديد (المعادلات العشرة التي غيرت وجه العالم) وذلك بإرسال استبيان عبر الشبكة الإلكترونية إلى بعض أعلام الرياضيات والعلوم والأساتذة الكبار، إضافة إلى المهتمين من المهن الأخرى وحتى إلى طلاب الجامعات والدراسات العليا.

ولقد استلمت رداً من خمسين من المهتمين كإجابة على تساؤلي، وتم إدراج المعادلات المختارة تسلسلياً من الأهم حتى الأقل أهمية وتأثيراً وحسب الاختيار الشخصي للمشاركين بالاستبيان، فعلى سبيل المثال، لقد صوت الجميع على ضرورة إدراج $(E=mc^2)$ في موقع الصدارة كأهم معادلة غيرت وجه العالم!

لعلك تشاركني بالرأي القائل برغبة الكثيرين بالامتياز في حقل الرياضيات والإبداع فيها،

أو على الأقل فهمها رغم اعترافهم بصعوبتها وإدراكهم لندرة الفرص المتاحة لهم لضمها! وعليه وفي ضمن ذلك الإطار، إليك وبين يديك الآن وسيلة سهلة تحكم بها على نفسك، فيما لو إذا كنت مؤهلاً لاحتلال موقعك ضمن نسبة الواحد بالمئة (1%) من مجمل سكان المعمورة الذين يستحقون (وعن جدارة) لقب العارفين بالرياضيات والذين يمكن تمييزهم عن التسعة والتسعين بالمئة الباقين! ما هو عدد المعادلات الرياضية التي بإمكانك التعرف عليها منها؟ فإذا تمكنت من التعرف على خمسة من العشرة المذكورة، فإنك ستكون جديراً بالمواصفات السابق ذكرها!! أما إذا صادف وأن تمكنت من التعرف عليها كلها فإنك وبلا شك ستكون أهلاً لتسليم قمة الصدارة بذكاء لن يجاريه بشر! وعليك حينها الشروع بالبحث عن كوكب آخر (ككوكب العلوم) لتعيش عليه بذكائك الخارق⁽¹⁾!

إليك فيما يلي قائمتي التي حصلت عليها من استبائي الخاص حول المعادلات الرياضية العشرة سطرت حسب تسلسلها الأكثر أهمية وتأثيراً:

According to my survey, here are the ten most influential and important mathematical expressions, listed in order of importance:

1. $E = mc^2$
2. $a^2 + b^2 = c^2$
3. $\varepsilon_0 \int F \cdot dA = \sum q$
4. $x = (-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}) / (2a)$
5. $\vec{F} = m\vec{a}$
6. $1 + e^{i\pi} = 0$
7. $c = 2\pi r$, $a = \pi r^2$
8. $F = Gm_1m_2/r^2$
9. $f(x) = \sum c_n e^{inax + L}$
10. $e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta$, tied with $a^n + b^n \neq c^n$, $n \geq 2$

أما المعادلات الرياضية الأخرى والتي لم تتل حظوة التربع بين العشرة الأفاضل على عرش

(1) أصل النص:

(You are worthy of cavorting with the antediluvian Gods!)



القمة، وإنما نالت استحسان وإعجاب المصوتين لها فهي:

1. $f(x) = f(a) + f'(a)(x-a) + \frac{f''(a)(x-a)^2}{2!} + \dots$
2. $s = vt + at^2/2$
3. $V = IR$
4. $z \rightarrow z^2 + \mu$
5. $e = \lim_{n \rightarrow \infty} (1 + 1/n)^n$
6. $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$
7. $\oint K dA = 2\pi \times x$
8. $d/dx \int_a^x f(t) dt = f(x)$
9. $1/(2\pi i) \oint f(z)/(z-a) dz = f(a)$
10. $dy/dx = \lim_{h \rightarrow 0} (f(x+h) - f(x))/h$
11. $\partial^2 \psi / \partial x^2 = -[8\pi^2 m / h^2 (E - V)] \psi$

هل تمكنت من التعرف على أي منها؟ سأشرح لك باختصار بعضا منها فيما بعد فلك مني التقدير على صبرك والاحترام للكتك الرياضية التي أهلتك للوصول إلى المشارف النهائية لهذا الكتاب...

نيكاراكوا وقائمة الطوابع البريدية الفريدة التي أصدرتها:

فيما يلي القائمة المختارة للمعادلات الرياضية التي أهلتها لموقع الصدارة ضمن:

(Las 10 Formulas Matematicas Que Cambiaron La Faz La Terra)

ورجائي منك مقارنتها بقائمة (الفضليات العشرة) التي تمكنت أنا من الحصول عليها

وإدراجها هنا بعد الاستفتاء الذي قمت به:

1. $1 + 1 = 2$
2. $F = Gm_1m_2/r^2$
3. $E = mc^2$
4. $e^{\ln N} = N$
5. $a^2 + b^2 = c^2$
6. $S = k \log W$
7. $V = V_c \ln m_0/m_1$
8. $\lambda = h/mv$
9. $\nabla^2 E = (Ku/c^2)(\partial^2 E/\partial t^2)$
10. $F_1 \wedge_1 = F_2 \wedge_2$

وإليك تفسير ما سبق...⁽¹⁾

1 - معادلة الجمع الأساسية

2 - قانون نيوتن للجذب العام: إذا فصلت مسافة وقدرها (r) بين كتلتين (m1) و

(m2)، فإن القوة التي تؤثر بها إحداها على الأخرى هي F1 باعتبار (G) ثابتا طبيعيا.

3 - معادلة اينشتين لتحويل الكتلة إلى طاقة.

4 - معادلة جون نابيه (Johu Napier) لللوغارثم الطبيعي: يمكنك استخدام هذه

المعادلة لإجراء عمليات الضرب والقسمة على الأعداد ببساطة تامة وذلك بإجراء عمليات

الجمع والطرح على لوغارتماتها الطبيعية.

(1) (...) سأثبتك بتأويل ما لم نستطع عليه صبراً) سورة الكهف الآية (78) (المترجم).



5 - نظرية فيثاغورس التي تحكم العلاقة التربيعية (أي المساحة) بين أضلاع المثلث القائم الزاوية الثلاثة.

6 - معادلة بولزمن (Boltzmann) لتصرف الغازات.

7 - معادلة (قسطنطين تسبولكو فسكي - Konstantin Tsiolkovsky) لإطلاق

الصواريخ والتي تحكم سرعة صاروخ منطلق كلما أمعن في إحراق وقوده.

8 - المعادلة الموجية (لبروكلي - Broglie) والتي تحكم ربط كتلة جسيم - موجي

بإزاحته وطوله الموجي مستخدمة (h - وهو ثابت بلانك)، لقد افترض [لوي دي بروكلي (Louis de Broglie) (1892-1987)] بمعادلته هذه امتلاك الإلكترون صفات موجية،

وضرورة حيازة الجسيمات المادية لأطوال موجية تصاحبها.

9 - معادلة تفسير تصرف الإشعاعات الكهرومغناطيسية التي اشتقت من معادلات

(ماكسويل - Maxwell)، وتمثل الأساس الفعلي لكافة العمليات الرياضية والحسابات

الإلكترونية التي تتضمن الموجات الكهرومغناطيسية وكافة تطبيقاتها. بما في ذلك أجهزة

الحاسوب والراديو والاتصالات والرادار والضوء المرئي والإشعاعات فوق البنفسجية وما

دون الحمراء والإشعاعات الحرارية والراديوية وأشعة إكس.

10 - معادلة مستويات قوى عتلات أرخميدس.

أدرج فيما يلي تعليقي الشخصي وتوضيحاتي لبعض المعادلات التي احتلت موقع الصدارة

في استفتائي الخاص آنف الذكر فمثلاً:

مثلت المعادلة الثالثة: إحدى معادلات مكسويل للكهر ومغناطيسية.

كما مثلت المعادلة الرابعة: الشكل العام لحل كافة المعادلات الآتية من فئة:

$$ax^2 + bx + c = 0 \quad \text{أس 2 + ت س + ج = 0}$$

ومثلت المعادلة الخامسة: القانون الثاني لنيوتن، والذي يحكم علاقة القوة بالكتلة وتعجيلها.

ومثلت المعادلة السابعة: علاقة مساحة أي دائرة بمحيطها.

ومثلت المعادلة التاسعة: متوالية فورييه (Fourier series) وتبين إمكانية تمثيل مختلف

الاضطرابات الموجية المعقدة بشكل حاصل جمع مجموعة من الموجات (جيبية الشكل). وفي المرتبة العاشرة: ظهرت متطابقة (يولر - Euler) والتي تربط دوالاً أسية مع أخرى من حقل (المثلثات). في شطرها الأول، وظهرت النظرية الأخيرة (لفرمات - Fermat) في شطرها الثاني.

(وهي نظرية من نظريات الأرقام تنص على أنه لا يمكن حل المعادلة التالفة $(x^n + y^n = z^n)$ $(n > 2)$ و $(x, y, z > 0)$).

أما من بين مجموعة العشر معادلات اللاتني نلن الإعجاب دون بلوغ مركز الصدارة بين (الفضليات الأول)... فتمثل معادلة المرتبة السابعة: قانون (كاوس - بونيت - Gauss Bonnet) والتي يمثل الرمز (x) فيها خاصية يولر...، (هذا ومما تجدر الإشارة إليه هنا هو أهمية تطبيقاتها في مجالات (التفاضل) الهندسي والاهتمامات المتعلقة بانحناءات الأسطح والمستويات). وأخيراً، وضمن هذه القائمة مثلت معادلة المرتبة التاسعة: قانون (كوشي - Cauchy) العددي في مضمار التحليل المعقد.

أشير هنا - وبمزيد من التقدير - إلى ثلة المشاركين الذين اقترحوا ترقية (النظرية الأخيرة لفرمات) لموقع تستحقه في قائمة المعادلات العشرة الأكثر تأثيراً وأهمية وكان تبريرهم لذلك هو جسامه الجهد البحثي وعمق التفكير الرياضي الذي انصب في مجرى إثباتها، تنص هذه النظرية التي وضعها [بيير دو فرمات (1601-1665) Pierre de Fermat] على استحالة وجود أعداد كاملة كـ a، b، c، تطابق شرط المساواة التالية؛

$$a^n + b^n = c^n \text{ for } n > 2$$

ولقد تأخر اثبات صحة هذه النظرية حتى عام (1995) حين تمكن الرياضي البريطاني المولد - الأمريكي الجنسية (اندرو ويلس - Andrew Wils) و المولود عام (1953)، من نشر بحثه الشهير الذي أمكن بواسطته الاطمئنان أخيراً إلى صحة إثباتها، وقد تم نشر ذلك البحث في دورية (حوليات الرياضيات Annals of Mathematics).

وقد تعجب عزيزي القارئ وتساءل عن السر الدفين وراء اهتمام أولئك العلماء الأفاضل



بالأرقام المجردة وسعيهم الدؤوب لإثبات أن ما لا يصح هناك قد يصح هنا أو تعجب لإهلاكهم الوقت وإفنائهم العمر لإثبات أو نفي صحة علاقة هذا الرقم بذلك... وفي هذا المجال أسوق إليك محاولة العالم (يولر) آنف الذكر (Leonard Euler) والذي آمن باستحالة وجود الأرقام التي تصح لحل القانون الذي يربط العلاقة التالية:

$$a^4 + b^4 + c^4 = d^4$$

مرت مياه الخليجان إلى بحارها ودارت الأرض حول شمسها لقرنين كاملين حتى ظهر (ناووم الكيز - Noam Elkies)⁽¹⁾ من (جامعة هارفرد) والذي اعتبر أول من تمكن من الدخول إلى حصن تلك المتطابقة بتقديمه الحل الصحيح لها وهو: $a = 2,682,440$ و $b = 15,365,639$ و $c = 18,796,760$ و $d = 20,516,673$ وبذلك فند فرضية استحالة حلها!

(1) ولد في 25 آب (أغسطس) 1966. وهو رياضي وأستاذ شطرنج أمريكي. ظهرت بوادر عبقريته الرياضية منذ ربيع الرابع عشر حين حصل على الميدالية الذهبية والدرجة النهائية في (ألمبياد الرياضيات العالمي). ربح (منافسات الـ - Ptnam Compet tion وهو عمر 16 سنة وأربعة أشهر ونال درجة الدكتوراه وهو عمر 20 عاما. وفضل إنجازاته في الرياضيات أصبح أصغر أستاذ في جامعة هارفرد. (المترجم).

الفيزياء وعلاقتها بالدين

- (من دواعي أسفي وحسرتي أن أعترف لكم بأنني لم أكره شيئاً في حياتي أشد من كرهني للرياضيات! إنني أمقتها أكثر من مقتي للموت نفسه!! إنها لا تفسح أي مجال للنقاش ولا تبدي أي مرونة للمساومة!! كل ما عليك فعله هو ارتكاب غلطة واحدة وينتهي كل شيء...)

مالكولم اكس

Malcolm X. Mascot

مقتطف من كتاب (التميمة).

- لقد بُنيت حقيقة وعمق الإيمان الديني ووضوح العقيدة التي تحلى بها جل العلماء والفيزيائيين الذين مررنا بتفاصيل حياتهم خلال الفصول السابقة وفي أماكن عدة من هذا الكتاب. ولعله بالإمكان تفسير ذلك وإرجاع سببه إلى موازنة البحث الصادق والرغبة المخلصة في فهم وتفسير أسرار الكون مع الإرادة الروحية والإيمان الخالص في فهم وتفسير إرادة الله (عز وجل) والتقرب إليه، فلا خلاف بين أحد حول وجود العديد من نقاط ومساحات الالتقاء بين العقيدة الدينية والملكة الرياضية، فكلاهما ناضل ومنذ فجر الإنسانية لفهم وتوضيح العلاقات المتداخلة وحاول الإجابة على الأسئلة الأزلية والمفاهيم المتقاطعة والتي شغلت ذهن البشرية حول جوهر الإنسان وكنهه، والكون وموجده والنهاية وأين هي؟، والانهاية وما هيتهما! وكلاهما، بلاشك كان وما يزال يتسلح بالكثير من الرموز والطلاسم والظفوس والمناسبات، ولكل منهما لغته الخاصة التي لا تخلو من الرهبة والغموض.

ولعل أكثر ما يقارب بين الدين والرياضيات هو دأبهما المستمر على إذكاء ملكة التفكير في عقولنا وقدح قابلية الخيال في أذهاننا، فالرياضيون والفيزيائيون النظريون يمثلون رجال الدين في دأبهما المستمر لإدراك أفضل الصيغ وأوضح المفاهيم (للحقيقة) بمفهوميها المثالي، كما يحاولون تفسير أعصاها على المناورات والشك ومحاولات النقص والتفنيد، ومحاوله تطبيق ذلك في حياتنا الواقعية كلما أدركوا لذلك سبيلاً.

للتحليل الفلسفي والتنظير الفكري مساحة واسعة في مناقشة كلا المواضيع الدينية والرياضية، فهل يا ترى بإمكاننا القول بأن حاجة الإنسان إلى الدين لصفاء النفس وحاجته إلى الرياضيات لإرضاء الفكر كانا الدافعين الرائدتين اللذين شحذا ذهن البشري لابتكار تينك الفكرتين؟

لقد دافع (ادوارد روثستين - Edward Rothstein) مؤلف كتاب (الإيمان والمنطق والعلاقة



الخالدة) عن عمق وصدق إيمان كل من (نيوتن) و (كبلر) إضافة إلى العديد من أعلام العلوم والرياضيات وأكد بأنه كان المحرك الأساس والإلهام السرمدى لكافة إنجازاتهم المشهودة، فأكد يقول: (لقد آمن أولئك الأفذاذ ورسخ اعتقادهم بوجود النظام الذي يحكم الأشياء ويتحكم بالموجودات، كما آمنوا بقابلية ذهن البشري على إدراكه وأيقنوا فوق ذلك على استحالة تمتع أي منهما بالسرمدية المطلقة واللاتناهية المعجزة، فتوصلوا بذلك إلى صفاء ذهن والروح...).

أما اليوم فمن منا الذي لا يزال عاجزاً عن إدراك نفحة الإيمان التي زينت ذلك الاعتقاد؟ وختاماً لا بد لي من الاستدراك قبل طي صفحة هذا الفصل وختام هذا السفر، من التأكيد على وجود العديد والعديد من الاختلافات بين الدين والرياضيات والتي لا شك فيها، فبينما لا يشك أحد بوجود الاختلافات والتباين بين مختلف الديانات والمعتقدات، تراك لا تجد أحداً ينكر الاتفاق والإجماع الذي يوسم الرياضيين والرياضيات.

مصادر إضافية وقراءات أخرى:

Berry, Michael, "Paul Dirac: the Purest Soul in Physics," *Physics World*, February 1, 1998; see physicsworld.com/news/article/print/1705.

Crease, Robert P., "The Greatest Equations Ever," *Physics World*, October 2004; see physicsweb.org/articles/world/17/10/2

dePillis, John, *777 Mathematical Conversation Starters* (Washington, D.C.: The Mathematical Association of America, 2002).

Durrani, Matin, "Physics: Past, Present, Future," *Physics World*, December 1999; see physicsweb.org/articles/world/12/12/14.

Dyson, Freeman, "Introduction," in John Cornwell's *Nature's Imagination* (New York: Oxford University Press, 1995).

Elkies, Noam, "On $a^4 - b^4 = c^4 - d^4$," *Mathematics of Computation*, 51(184): 825-835, 1988.

Farmelo, Graham, *It Must Be Beautiful: Great Equations of Modern Science* (New York: Granata Books, 2003).

Galison, Peter, "The Suppressed Drawing: Paul Dirac's Hidden Geometry," *Representations*, 72: 145-166, 2000.

Guillen, Michael, *Five Equations That Changed the World* (New York: Hyperion, 1995).

Murray, Charles, *Human Accomplishment: The Pursuit of Excellence in the Arts and Sciences, 800 B.C. to 1950* (New York: Harper Perennial, 2004).

Pickover, Clifford, *The Loom of God* (New York: Plenum, 1997).

Pickover, Clifford, *A Passion for Mathematics* (Hackensack, N.J.: Wiley, 2005).

- Pickover, Clifford, *Wonders of Numbers* (New York: Oxford, 2001).
- Rothstein, Edward, "Reason and Faith, Eternally Bound," *New York Times*, B7, p. 7, December 20, 2003.
- Simmons, John Gailbraith, *The Scientific 100: A Ranking of the Most Influential Scientists, Past and Present* (New York: Citadel Press, 2000).
- Weinberg, Steven "Sokal's Hoax," *New York Review of Books*, 43(13): 11-15, August 8, 1996.

أفكار فلسفية وآراء للمناقشة:

- بإمكاننا الجزم بأنه لا يوجد في ذهن بشر ولم يخط على صفحة كتاب (ولحد الآن) أي قانون يمكن اعتباره قانوناً كونياً شامل التطبيق في كل زمان ومكان (اللهم ما يمكن استثناؤه من قوانين المبادئ العامة لميكانيكا الكم). ولكن لنا أن نستدرك ونقول بأن أغلب القوانين التي طورها العلم وإلى اليوم قد بلغت مرحلة تقرب من الكمال بشكلها النهائي وبأنها جميعاً صحيحة الاستعمال حقيقية النتائج ضمن شروط كل منها وظروف تطبيقاته الخاصة به.

واينبرك

Steven Weinberg, (Sokal's Hoax), *The New York Review of Books*, August 8, 1996.

مقتطف من كتاب (خدع سوكال)⁽¹⁾

- يحكم نظام تشغيل الحاسوب انسياب المعطيات والمعلومات خلاله... تماماً كما تحكم قوانين الكون وجهة الفيزياء ومعمارها وتصرفها، ولكنني على يقين بأن للزمن القدرة على إنضاج وتطوير العديد من أسس المعمار وأنظمة التشغيل الأخرى.

سيمولن

Lee Smolin, (Never Say Always), *New Scientist*, September 23, 2006

مقتطف من كتابه (لا تقل دائماً أبداً)

- تمائل محاولتنا لتفسير القوانين الفيزيائية دون الرجوع إلى المفهوم الهندسي الفراغي، دأبنا على محاولتنا لإيصال أفكارنا دون الاستعانة بالكلمات.

اينشتاين

Albert Einstein, 1922 Kyoto Lecture-

مقتطف من محاضرة له في عام 1922.

(1) راجع الحاشية أسفل صفحة (8). (الترجم).



مصادر الكتاب ومراجعته

تفترض كافة العلوم أن هناك نظاما جميلا أحادا بسيطا، هو الذي يشكل القاسم المشترك العريض، والمحرك الفعال الدقيق الذي يحكم معظم، إن لم نقل كافة أوجه التنوع والتغاير والاختلاف الذي يلف حياتنا ووجودنا بل وحتى كوكبنا وكونا الفسيح المترامي. وكبرهان على ذلك خذ أنواع - الحركة - وتشعباتها وأساليبها ووسائلها التي لا تنتهي سواء كانت حركة خلية مفردة في نسيج حي داخل عضلة أو كان نيزكا جبارا سقط على هامة رجل منذ أجيال فقتله! تجدها جميعا محكومة بعدد قليل جدا من قوانين الحركة، أثبت العلم كفاءتها المتناهية في تفسيرها جميعا. تلك هي (قوانين الحركة لنيوتن). وخذ كمثال آخر المدى الواسع من تصرفات مختلف الأجسام والمواد والأشياء عند تعرضها للحرارة؛ تجد أن جميع التغيرات التي تطرأ عليها مفسرة بعدد قليل من القوانين عززت التجارب صمودها في توقع مآلها جميعا، تلك هي (قوانين الديناميكا الحرارية).

نولا

Robert Nola. (Laws of Nature)

مقتطف من كتابه (قوانين الطبيعة).

لقد جمعت فيما يلي قائمة من المصادر التي استخدمتها في التعريف والاستقصاء خلال رحلتي في تحقيق هذا الكتاب، كما أضفت مصادر أخرى ضمن متنه وبعد كل فصل فيه، وأضفت كذلك مواقع محددة على الشبكة العنكبوتية العالمية لمواضيع وكتب وصحف ودوريات حيثما اقتضت الحاجة لذلك. ولا يغيب عن ذهني ولا عن ذهن القارئ الفطن بأن للكثير من المواقع الإلكترونية صفة الظهور والاختفاء فضلا عن تغير بعض مفرداتها وعناوينها ولذلك وجب التنويه على أنها قد زودت هذا الكتاب ومؤلفه، بزاد ثر من المعلومات والإيضاحات وقت كتابته، كما لا يغيب عن ذهني قابليتك - عزيزي القارئ - ولا قابلية بقية القراء على إيجاد - بل واستحداث - العديد من تلك المواقع التي ستزيدك من تفاصيل أي قانون ذكر متى ما شئت الاستزادة. وهنا استمحيك عذرا عن أي سهو كان قد حدث رغما عني في إغفال أو عدم ذكر أي مبدأ أو قانون تعتقد بأهميته، أو بأني قد أغفلت توضيحه أو مناقشته بالدرجة المبتغاة، وأتمنى عليك أن تخبرني بذلك، فبإمكانك زيارة موقعي على الشبكة العنكبوتية العالمية وهو: www.pickover.com، أو أن ترسل لي رسالة إلكترونية، تُطلعني فيها على أي قانون تعتقد بأهميته وضرورة توضيحه بالنظر لتأثيره وإسهاماته في حياتنا اليوم أو لأهميته في تاريخ العلوم...

References

- Arons, Arnold, *Development of Concepts of Physics* (Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1965).
- Atiyah, Michael, "Pulling the Strings," *Nature*, 438: 1081–1082, December 22, 2005.
- Bothamley, Jennifer, *Dictionary of Theories* (Washington, D.C.: Gale Research International Ltd., 1993).
- Bryson, Bill, *A Short History of Nearly Everything* (New York: Random House, 2003).
- Bucche, Frederick, *Introduction to Physics for Scientists and Engineers* (New York: McGraw Hill, 1975).
- Carroll, John W., "Laws of Nature," in *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, see plato.stanford.edu/entries/laws-of-nature/.
- Casti, John, *Paradigms Lost* (New York: William Morrow, 1989).
- Considine, Douglas, managing editor, *Van Nostrand's Scientific Encyclopedia*, 7th edition (New York: Van Nostrand Reinhold, 1989).
- Cropper, William, *Great Physicists* (New York: Oxford University Press, 2001).
- Durbin, Paul, *Dictionary of Concepts in the Philosophy of Science* (New York: Greenwood Press, 1988).
- Encyclopædia Britannica*, www.britannica.com/.
- Farmelo, Graham, *It Must Be Beautiful: Great Equations of Modern Science* (New York: Granta Books, 2002).
- Feynman, Richard, *The Character of Physical Law* (New York: Modern Library, 1994).
- Francis, Erik Max, "The Laws List"; see www.alecyone.com/max/physics/laws/.
- Frayn, Michael, *The Human Touch* (New York: Metropolitan Books, 2006).
- Gardner, Martin, *Order and Surprise* (Amherst, N.Y.: Prometheus, 1983), chapter 4.
- Gillispie, Charles C., editor-in-chief, *Dictionary of Scientific Biography* (New York: Charles Scribner's Sons, 1970).
- Grun, Bernard, *The Timetables of History* (New York: Touchstone, 1975).
- Guillen, Michael, *Five Equations That Changed the World* (New York: Hyperion, 1995).
- Hall, Carl W., *Laws and Models* (Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1999).
- Halliday, David, and Robert Resnick, *Physics* (New York: John Wiley & Sons, 1966).
- Hart, Michael, *The 100: A Ranking of the Most Influential Persons in History* (New York: Hart Publishing Company, 1978).
- Hawking, Stephen, *Black Holes and Baby Universes* (New York: Bantam, 1993).
- Kaku, Michio, "Parallel Universes, the Matrix, and Superintelligence," *KurzweilAI.net*, June 26, 2003; see www.kurzweilai.net/memo/frame.html?main=/articles/art0585.html.
- Krauss, Lawrence, *Fear of Physics* (New York: Basic Books, 1993).
- Krebs, Robert, *Scientific Laws, Principles, and Theories* (Westport, Conn.: Greenwood Press, 2001).
- Merton, Robert K., *The Sociology of Science* (Chicago: University of Chicago Press, 1973).
- Nave, Carl R. (Rod), "HyperPhysics," Department of Physics and Astronomy, Georgia State University; see hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/HBAS/7hframe.html.



O'Connor, John J., and Edmund F. Robertson, *The MacTutor History of Mathematics Archives*, School of Mathematics and Statistics, University of St. Andrews, Scotland; see www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/.

Parker, Sylvia, editor-in chief, *McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology*, 8th edition (New York: McGraw-Hill, 1997).

Penrose, Roger, *The Road to Reality* (New York: Knopf, 2005).

Peterson, Ivars, "Math Trek Archives"; see www.sciencenews.org/pages/sn-weekly/math-arc.asp.

Pickover, Clifford, *A Passion for Mathematics* (New York: Wiley, 2005).

Smolin, Lee, "Never Say Always," *New Scientist*, 191(2570): 30–35, September 23, 2006.

Tipler, Paul, *Physics* (New York: Worth Publishers, 1976).

Trefil, James, *The Nature of Science* (New York: Houghton Mifflin Company, 2003).

Weisstein, Eric, "Eric Weisstein's World of Physics"; see scienceworld.wolfram.com/physics/.

Weisstein, Eric, "Eric Weisstein's World of Science"; see scienceworld.wolfram.com/search/.

Wikipedia: The Free Encyclopedia; see en.wikipedia.org/.

Wikipedia, "List of Laws in Science"; see en.wikipedia.org/wiki/List_of_laws_in_science.

Wikipedia, "Scientific Laws Named after People"; see en.wikipedia.org/wiki/Scientific_laws_named_after_people.

Wilson, Jerry, "Scientific Laws, Hypotheses, and Theories"; see wilstar.com/theories.htm.

هنا وهناك، في هذا البلد أو ذاك. من منا لم تجذب نظره النصب العظيمة والملاحم الخالدة، التي تصور العديد من عتيد جنزالات الحرب ممتطين صهوات جيادهم الوثابة، عابرين بجنودهم إلى ذرى النصر المؤزر؟! أو لم يلاحظ أحد تلك التماثيل التي تُشخص (الملهمين) من الرؤساء والملوك والأباطرة محيين شعوبهم المقهورة موحين إليهم بوجود تيجان الغار والذهب وهي تزين رؤوسهم رغم بطونهم الجائعة الخاوية؟!

تملاً هذه المشاهد العالم حيثما ذهبت!!... ولكنك قلما تهتدي إلى شاهدة صخرية قد حُفر عليها نعي عالم أو أديب، ونادراً ما تصادف قطعة رخام تُسيّ بجانبها إكليل ورد يُخلد مصلح أو يمجّد مخترع أو حتى لتدلك على مثواه الأخير... ولكنني أحلم وليتك تحلم معي وتصلني حتى تؤول مثل هذه الأحوال إلى زوال...

أحاول أن أصدق أن التاريخ سيشهد (وبعد آلاف من السنين) تغيراً بيننا في هذه الحال بحيث ينعم أطفال وشباب المستقبل البعيد بعقول نيرة وشجاعة كافية ليُثمنوا ما قام به أولئك النساء والرجال الذين ملأت التضحية حياتهم وعطر الإيثار أنفسهم وجندوا أوقاتهم وخاضوا غمار المغامرة والمجهول من أجل إحياء فكرة أو تجسيد اختراع أو إثبات نظرية أو تصحيح قانون...، ويدركوا بأن أفراداً من أولئك الأجداد كانوا وحدهم - بدمهم وعرقهم وبوحي عقولهم، هم من هدى عالم المستقبل (عالمهم) إلى ما يرقى به من بحبوحة وخير عميم وإنجازات علمية وأخلاقية ونعيم.

هذا فقط إن تحقق حلمي وأجيت صلواتك.

لثوون

Hendrik Williem van Loon. (The Story of Mankind)

مقتطف من كتابه (قصة البشرية).



تعريف بالمؤلف:

مؤلف هذا الكتاب هو الدكتور (كلفورد أ. بكفر Clifford A. Pickover) الحائز على شهادة الدكتوراه (Ph.D.) من قسم الفيزياء الحيوية الجزئية والكيمياء الحيوية في جامعة ييل (Yale Univ.) الأمريكية. تخرج الأول على دفعته من كلية (فرانكلن ومارشل - Franklin and Marshall College) بعد إكماله لمتطلبات الدراسة الأولية الأربع بثلاث فقط. تُرجمت كتبه العديدة إلى اللغات؛ الإيطالية والفرنسية واليونانية والألمانية واليابانية والصينية والكورية إضافة إلى اللغات البرتغالية والإسبانية والتركية والصربية والرومانية والبولندية - والآن بحمد الله ومنتته إلى العربية. يعد الدكتور (بكوفر)، وعن جدارة، واحداً من أغزر المؤلفين إنتاجاً ومن أكثرهم حرصاً على اختيار المواضيع الجذابة والممتعة والمتنوعة لكتبه التي شملت طيفاً واسعاً من خضم المعرفة والعلوم، فهو قد قام بتأليف العديد من الكتب التي اشتهرت وذاع صيتها عالمياً، وفيما يلي أقدم إليك قائمة ملخصة بعناوينها المترجمة مشفوعة بالعناوين الأصلية وسنين النشر وناشريها.

فايروس السموات عام (2007) ومرشد المبتدئين إلى الخلود عام (2007) و شريط (موبس) عام (2006) والجنس والمخدرات واينشتاين والمغني النفس برسلي عام (2005) والرياضيات والشغف بها عام (2004) والبيزا والهندسة التحليلية عام (2003) والله والعلم الشمولي عام (2002) ونجوم السماء عام (2001) وزين⁽¹⁾ والمربع السحري والدوائر والنجوم عام (2001) والحلم بالمستقبل عام (2000) والفتاة التي أنجبت أراباً عام (2001) وعجائب الأرقام عام (2000) والسباحة فيما وراء الفضاء عام (1999) وعلم المخلوقات الفضائية عام (1998) ومرشد المسافرين عبر الزمن عام (1998) والعبقرية والعقول الغريبة: أسرار حياة العلماء غريب الأطوار والمجانين عام (1998) واختبار الذكاء (IQ) للمخلوقات الفضائية عام (1997) ومفاتيح السرمدية عام (1995).

وتأصيلاً للفائدة ولحبي الاطلاع أرتأيت إدراج كتب (الدكتور بكوفر) وأسماء ناشريها بلغته الأصلية لتسهيل مهمة الحصول عليها...



Pickover is author of the popular books *The Heaven Virus* (Lulu, 2007), *A Beginner's Guide to Immortality* (Thunder's Mouth Press, 2007), *The Möbius Strip* (Thunder's Mouth Press, 2006), *Sex, Drugs, Einstein, and Elves* (Smart Publications, 2005), *A Passion for Mathematics* (Wiley, 2004), *Calculus and Pizza* (Wiley, 2003), *The Paradox of God and the Science of Omniscience* (Palgrave/St. Martin's Press, 2002), *The Stars of Heaven* (Oxford University Press, 2001), *The Zen of Magic Squares, Circles, and Stars* (Princeton University Press, 2001), *Dreaming the Future* (Prometheus, 2001), *Wonders of Numbers* (Oxford University Press, 2000), *The Girl Who Gave Birth to Rabbits* (Prometheus, 2000), *Surfing Through Hyperspace* (Oxford University Press, 1999), *The Science of Aliens* (Basic Books, 1998), *Time: A Traveler's Guide* (Oxford University Press, 1998), *Strange Brains and Genius: The Secret Lives of Eccentric Scientists and Madmen* (Plenum, 1998), *The Alien IQ Test* (Basic Books, 1997), *The Loom of God* (Plenum, 1997), *Black Holes: A Traveler's Guide* (Wiley, 1996), and *Keys to Infinity* (Wiley, 1995).



ألف (بكوفر) كذلك كتباً أخرى بعنوانين ومواضيع متشعبة ضمت أفكاراً شيقة مثل الفوضى في أرض العجائب: مغامرات بصرية في العوالم التجازئية⁽¹⁾ عام (1994) ومتاهات وأحاج ذهنية: ما لا تتوقعه من الحواسيب عام (1992) والحواسيب والخيال عام (1991) والحواسيب والنظام والفوضى والجمال عام (1990).

واليك عناوينها وأسماء ناشرها بالإنكليزية.

Chaos in Wonderland: Visual Adventures in a Fractal World (1994), Mazes for the Mind: Computers and the Unexpected (1992), Computers and the Imagination (1991), and Computers, Pattern, Chaos, and Beauty (1990), all published by St. Martin's Press

كتب مؤلفنا إضافة لما سبق ما ينيف على (200) مقالة منشورة في ميادين العلوم والفنون والرياضيات: كما ساهم مع (بيرز انتوني - Piers Anthony) في تأليف كتاب أرجل العنكبوت عام (1998). يشغل (بكوفر) اليوم منصب نائب رئيس تحرير المجلة العلمية المعروفة باسم (الحواسيب وفنون التصميم التشكيلية - Computers Graphics) كما يشغل منصب عضو في هيئة تحرير الدوريات المرموقة التالية (الأوديسة - Odyssey) و (ليوناردو - Leonardo) (و.ي. ل.ي. م. (Y.L.E.M...)).

كما قام بتحرير العديد من الكتب هي: الفوضى والمجسمات المتماثلة: جولة في قابلية الحواسيب التشكيلية عام (1998) وكتاب المرشد في الفنون والطبيعة والمجسمات المتماثلة عام (1995) وآراء مستقبلية في الفن والتكنولوجيا والحواسيب في القرن القادم عام (1993) وصحتك في المستقبل عام (1995) وآفاق المجسمات المتشابهة عام (1996) وتصور المعلومات الحياتية عام (1995) وإليك عناوينها ودور نشرها بالإنكليزية:

Editor of the books Chaos and Fractals: A Computer Graphical Journey (Elsevier, 1998), The Pattern Book: Fractals, Art, and Nature (World Scientific, 1995), Visions of the Future: Art, Technology, and Computing in the Next Century (St. Martin's Press, 1993), Future Health (St. Martin's Press, 1995), Fractal Horizons (St. Martin's

(1) Fractal أو Fractus - وتعني قابلية أي جزء منها صغر من مادة أو نظام على احتواء وعكس كافة الصفات والخصائص لتلك المادة أو ذلك النظام. (المترجم).

Press, 1996), and Visualizing Biological Information (World Scientific, 1995),

وساهم، مع آخرين بتحرير كتب أخرى هي (المتماثلة الحلزونية عام 1992 و (مشارف المنظر العلمي عام 1994). وعناوينها ونشيرها كما يلي:

coeditor of the books Spiral Symmetry (World Scientific, 1992) and Frontiers in Scientific Visualization (Wiley, 1994),

امتاز بكوفر بالموسوعية، وجل ما جذب ويجذب انتباهه واهتمامه هو استمرارية الإبداع وذلك بالبحث عن المشترك ما بين خفايا ونكت وطرائف الفنون والعلوم والرياضيات وما بينها وبين ما يشاركتها من مجالات أخرى من الإبداع والنشاط البشري والتي قد تبدو وكأنها لا تمت إحداها للآخرى ولا لأهميات العلوم بصلة.

أشارت مجلة (النيويورك تايمز The New York Times) إليه قائلة: [مازال (بكوفر) يفتحهم ويفسر لنا عوالم تفوق الحقيقة التي نعيها]، وكتبت (الوس انجلز تايمز - The Los Angeles Times) - [بان (بكوفر) قد تمكن من نشر كتاب واحد على الأقل في السنة وهذه طاقة خلق وإبداع بشرية تخرج وبلاشك ليس فقط حدود وقابليات الحواسيب، وإنما كذلك تشحذ وتخرج خيال الفن وآفاق الفكر والمفكرين!]. لقد حصل باكوفر على الجائزة الأولى في مسابقة (جمال وفتنة الفيزياء) التي أقامها معهد الفيزياء، كما نشرت له العديد من الصور والتشكيلات والمخططات ورسوم الكارتون والكاريكاتور كصفحات غلاف للعديد من المجلات واسعة الانتشار، هذا بالإضافة إلى الجهد الكبير والسعي الحثيث للفوز بمقابلاته وتصريحاته من قبل العديد من الصحف ووسائل الإعلام. بما في ذلك - النشرة العلمية الأسبوعية التي تديرها تلفزيونيا شبكة (CNN) الأمريكية الشهيرة بعنوان (العلوم والتكنولوجيا أسبوعيا) وقناة (دسكفري - Discovery) التابعة لمجلة (ناشونال جيوغرافيك - National Geographic) ذاتة الصيت ومجلات مرموقة أخرى مثل (النيويورك تايمز - The New York Times) و (سينس نيوز - Science News) و (الواشنطن بوست - The Washington Post) و (ويورد - Wired) ومجلة (كرستن ساينس مونتر - The Christian Science Monitor) كما يطلبه ويسعى



للقائه العديد من أمناء المتاحف، ويدعى إلى العديد من المعارض والمنتديات والمؤتمرات في مختلف الحقول والاختصاصات. وصفته مجلة (اومني - Omni) بأنه الموازي والمقابل في قرننا العشرين للعبقري المشهور (فان ليفنهوك - Van Leeuwenhoek)⁽¹⁾ كما نشرت مجلته (سيتفك أمريكيان - Scientific American) العديد من أعماله وتشكيلاته الإلكترونية ووصفتها بأنها تمتاز بالجمال والغرابية وتعكس الحقيقة بإعجاب، وكتبت مجلة (ويرد - Wired) بحقه ما يلي: كان تفكير (بكي فلر - Bucky Fuller)⁽²⁾ ثاقبا وتفكير (ارثرك. كلارك - Arther C. Clark)⁽³⁾ خارقا. أما تفكير (كلف بكوفر - Cliff Pickover) فقد فاق الاثنين معا!!.

حصل على ما ينيف عن (40) براءة اختراع أمريكية اختص أغلبها بتطوير وتحسين مظاهر الحواسيب واستخداماتها. كتب لعدة سنوات عموده الشهير (الذهن المتوقد) لمجلة (دسكفر - Discover) ويكتب في الوقت الحاضر - وباستمرار - عموده المرغوب جدا من قبل القراء بعنوان (شحن الدماغ) في مجلة (الاوديسه - Odyssey). نالت مفكراته وتقاويمه ومجاميع كروت لعبه والتي حملت بمجموعها عنوان (أحاج وألغاز بصرية عصية على الإدراك) إعجاب كل من اطلع عليها واعتبرت من بين أشهر إبداعاته. يمارس بكوفر هوايات رياضية وعلمية من بينها (رياضة الـ تاي - جي شوان

(1) Autonie Philips Van Leeuwenhoek - تاجر وعالم موسوعي هولندي ولد في عام 1632م. (عرف بأبي علم الميكروبات. برع في حقل العدسات وصناعة الميكروسكوبات وكان أول من فحص أجزاء الحيوان والنبات تحت المجهر وأول من راقب الحيوانات المتوية البشرية وخلايا الدم بواسطته ولكنه لم يكتب كتابا قط في حياته! المترجم).

(2) Buckminster Fuller - معماري وكاتب ومصمم ومستقبلي (ذو أفكار مستقبلية) ومخترع أمريكي ولد في ماساجوستس عام 1895 وتوفي عن عمر ناهز الـ 87 عاما، نذر نفسه للإجابة على سؤاله المحدد: هل سيتمكن الإنسان من الاستمرار بالعيش على ظهر كوكب الأرض؟! لم يتحصل على درجة أكاديمية ولكنه ألف أكثر من 30 كتابا وعرف عالميا. (المترجم).

(3) Sir Arthur C. Clark - كاتب خيالي علمي ومخترع ومستقبلي بريطاني ولد عام (1917). كتب روايته الشهيرة الأوديسا (Odyssey) وهي ملحمة فضائية في عام (2001). وعاش حتى بلغ الحادية والتسعين من عمره. نال لقب فارس وخدم كفتي رادار في السلاح الملكي البريطاني وكان أول من جاء بفكرة الملاحه الفضائية العالمية عام (1945). نال عليها جائزة ذهبية وترأس جمعية الكواكب البريطانية وهاجر وتوفي في سريلانكا. (المترجم).

- Tai-Chi Chuan⁽¹⁾ و(شاو لن كنك فو Shaolin Kung Fu)⁽²⁾.

و(الجانك شيه - Chang Shih)⁽³⁾ إضافة إلى العزف على البيانو.

يؤكد (د. بكوفر) إن من أسعد أوقاته هي تلك التي يقضيها أمام حوض أسماك المملوءة بحوالي (110) غالون من الماء والمملوء بنوع السمك الغريب المسمى بـ (ليما شوفلنوز كاتفش - Lima Shovelnose Catfish) والذي يعتبر كائنًا غريبًا بحق أشبه ما يكون بسمك القرش ولكن بعينين صغيرتين بعيدتين عن مستوى الرأس كعيون المخلوقات الفضائية وينصح قراءه دائما بالاحتفاظ بمثل تلك (الأسماك) الغريبة لإثارة روح المغامرة والغموض في حياتهم!! ويدعي بأن في النظر إلى عيون تلك المخلوقات (الشيطنية) إمكانية الانسياق بأحلام تمازج فيك خبرة الحياة بالموت وتغوص بك في بحور من الخيال والإعجاز!! فتتحس بروعة الفكر وبنعم الفردوس!!

بإمكانك زيارة الصفحة الإلكترونية الخاصة (بالدكتور بكوفر) على الشبكة العنكبوتية

العالمية وعلى عنوانه التالي: www.pickover.com

والتي قد بلغ عدد زوارها ولساعة طباعة هذا الكتاب عام 2009 ما ينيف على المليون زائر، كما بإمكانك الكتابة إليه عبر بريده الإلكتروني على الصفحة المذكورة أو إرسال رسالة بريدية إلى عنوانه التالي باسمه: ص ب 549 ملوود، (P.O.Box 549. Millwood، NY 10546-0549، USA) - نيويورك.

(1) Tai - Chi Chuan - فن قتالي صيني يمارس لغايات صحية ودفاعية يتضمن تقنيات صعبة وأخرى سهلة ولد تدريبات خاصة وشاع في الغرب. (المترجم).

(2) Shaolin Kung Fu - فن قتالي صيني بمواصفات خاصة وبفروع تعود بجذورها وتعاليمها إلى بعض الأسر الصينية القديمة العريقة وفلسفاتها. (المترجم).

(3) Chang Shih - وقد نكتب (Zhang Shijie) وهو فن قتالي ينسب إلى الأدميرال الذي اشتهر وقاتل خلال الغزو المغولي للصين. وعرف باسمه. (المترجم).

الحريه

الكتاب عبارة عن سفر غني ثرٍ مثل جولات
مستفيضة ومختصرة ومناقشات مفهومة
وأخر غامضة، وسجلات ناجحة وغيرها
فاشلة.. ما بين مبدعين أقل ما وصفوا به
هو الأملية والعبقرية.

سيقاد ذهنك ويؤخذ لبك في رحلة شيقة
معطاء ليس أقلها التعرف على (معنى
الحقيقة حقاً)، و(متى سيكتشف القانون
الأخير في الكون؟)، وكيف تتذوق (إثبات
جمال الرياضيات ورشاققتها)، و(إدراك
فضلها على سائر العلوم)، فضلاً عن
معرفة (الآماكن التي عاش فيها مكتشفو
القوانين ومبدعوها) ومعايشة (صبرهم
ومعاناتهم) ومن ثم اكتشاف سر (أشهر
عشر معادلات رياضية حملتها طوابع
نيكاراجوا البريدية)!

كما ستتعرف على مبدأ الشك
(لهيزنبرك)، والمعادلات الموجية
(لشرودنجر)، ومعادلات المجال
(لأينشتاين) ونظريته في النسبية، وما
يراه (هاوكنج) بصدد هندسة ومصير
الكون وتوصيفه لثقوبه السوداء، و(دلو)
لتطورها البيولوجي، وعشرات غيرها.